BEITRÄGE

ZUR

THEORIE DES WURZELDRUCKS.

VON

DR. W. DETMER,
PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT JENA.

JENA
VERLAG VON HERMANN DUFFT.
1877.

Bereits vor einigen Jahren habe ich im ersten Bande der Mittheilungen aus dem botanischen Institut der Universität Leipzig, welche von Schenk und Luerssen herausgegeben werden, eine grössere Abhandlung über den Wurzeldruck publicirt. Zu meiner Freude bot sich mir im Laufe des Winters 1875/76 und im verflossenen Sommer Gelegenheit, meine Untersuchungen über den Gegenstand fortsetzen zu können, und ich erlaube mir nunmehr, die dabei gewonnenen Resultate der Öffentlichkeit zu übergeben. Die Beobachtungen sind im Laboratorium des botanischen Instituts der Universität Jena ausgeführt worden. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Strasburger meinen herzlichsten Dank für die Bereitwilligkeit, mit der er mir die zur Ausführung der Untersuchungen nothwendigen Räumlichkeiten und Apparate zur Disposition stellte, auszusprechen.

Die Verhältnisse, welche sich auf den Wurzeldruck beziehen, bieten an sich ein ungemeines wissenschaftliches Interesse dar, und ein richtiges Verständniss derselben ist ebenfalls für die Beurtheilung der Bedeutung gewisser praktischer Manipulationen von höchster Wichtigkeit.

Einleitung.

Es ist eine Thatsache, welche für den Naturforscher einen wunderbaren Reiz besitzt, dass häufig durch das gleichzeitige Zusammenwirken an sich unscheinbarer aber gleichartiger Naturprocesse ganz eminente Wirkungen erzielt werden. Würden z. B. nur hier nnd dort einzelne Foraminiferen ihre zierlichen Kalkgehäuse bilden, so hätte der Mensch kaum von den genannten animalischen Organismen Notiz genommen. Der Umstand aber, dass riesige Felsmassen lediglich aus den Schalen der Rhizopoden bestehen, flösst uns unbedingt ein ganz besonderes Interesse für die Thätigkeit der winzigen Thiere ein. Eine einzelne chlorophyllhaltige Zelle ist selbst während längeren Perioden nur im Stande, minimale Kohlensäurequantitäten zu zerlegen; wir bewundern deshalb nicht mit Unrecht die Erscheinung, dass das reiche Blätterdach der Bäume das Material zur Bildung ungeheurer Holzmassen producirt.

Die hier eingehender zu betrachtenden physiologischen Processe haben dies mit den angedeuteten gemein, dass sie ebenfalls durch das Zusammenwirken unendlich vieler einzelner Vorgänge zu grosser Bedeutung für den vegetabilischen Organismus gelangen.

Wenn man eine Rebe im Frühjahre anschneidet, so beobachtet man, dass alsbald eine erhebliche Saftmenge aus der Wunde hervortritt. Und zwar wird der Saft mit bedeutender Kraft aus der Pflanze herausgepresst, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man die Pflanze in geeigneter Weise mit einem Manometer in Verbindung setzt. Neubauer[1]) fand z. B., dass in einem Falle das Quecksilber im Manometer, welches an einer Rebe angebracht war, die enorme Höhe von 112 Cm. erreichte[2]). Dieser

1) Vgl. Neubauer, Annalen d. Oenologie. B. 4. S. 505.

2) Es ist dies, so weit mir bekannt, der bedeutsamste Druck, den man bis jetzt bei der Ausführung der Untersuchungen über den Wurzeldruck beobachtete.

Druck, der zu unserer Verwunderung im vegetabilischen Organismus zu Stande kommt, ist, wie Neubauer bemerkt, viel bedeutender als derjenige, welcher in der grossen Schenkelarterie des Pferdes herrscht. Bedenken wir, dass wir es in der Pflanze, die zu den angedeuteten Untersuchungen benutzt wurde, mit einem im Verhältniss zu vielen Bäumen kleinen Organismus zu thun haben, so werden wir uns der Ueberzeugung hingeben dürfen, dass in den letzteren weit erheblichere Druckkräfte als in der Rebe zur Geltung kommen können.

Die Kraft, welche diese bedeutsamen Wirkungen in der Pflanze hervorbringt, bezeichnet man als „Wurzelkraft“ oder „Wurzeldruck“. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass wir es hier nicht mit einer elementaren Kraft zu thun haben, die sich etwa in ihrem Wesen mit dem Lichte oder der Wärme vergleichen liesse. Vielmehr ist der Wurzeldruck lediglich als Resultat des Zusammenwirkens einfacher Kräfte aufzufassen. Die Thätigkeit der Wurzel wird aber in bedeutsamer Weise durch mancherlei äussere, auf die Pflanze einwirkende Verhältnisse beeinflusst, und dies hat unmittelbar zur Folge, dass der Wurzeldruck und die durch denselben hervorgerufenen Erscheinungen des Safteinflusses sich nicht constant in derselben Weise geltend machen.

Es sei gestattet, hier sogleich zu bemerken, dass nicht nur dann in Folge des Wurzeldrucks Saftmengen aus dem pflanzlichen Organismus herausgepresst werden, wenn man denselben verletzt, und dass nicht jeder Flüssigkeitsaustritt aus unverletzten oder verletzten Pflanzen als Folge der Wirksamkeit der Wurzelkraft aufzufassen ist. Was den ersteren Punct anbelangt, so weisen wir auf die bekannte Thatsache hin, dass man häufig am Morgen die Blattränder und Blattspitzen solcher Exemplare von *Zea Mays* und anderer Pflanzen, die während der Nacht in einem Raum standen, in welchem keine Thaubildung erfolgen konnte, mit Flüssigkeitströpfchen besetzt findet. Während der Nacht erleidet die Transpiration der Pflanzen in Folge der Verdunkelung und der sinkenden Lufttemperatur eine erhebliche Depression. Die Wurzeln nehmen aber fortwährend neue Flüssigkeitsmengen auf, der Saftdruck im Innern der Pflanzen wird stets bedeutender, und es kann der Fall eintreten, dass Flüssigkeitsmassen in Folge dieser Verhältnisse in Form von Tropfen abgeschieden werden.

Man beobachtet aber auch, dass z. B. in den Bechern der *Nepenthes*-Blätter Flüssigkeitsquantitäten secernirt werden, wenn die Stengel der Pflanzen sich nicht mehr mit der Wurzel in Ver-

bindung befinden, sondern mit ihrem unteren Ende in Wasser stehen. Hier ist die Wirksamkeit der Wurzelkraft durchaus ausgeschlossen; es müssen die Druckkräfte, in Folge welcher der Saftausfluss erfolgt, in den oberen Gewebepartien der Pflanzen erzeugt werden.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass oft im Winter aus verletzten Stammtheilen, wenn dieselben durch die Sonnenstrahlen erwärmt werden, Flüssigkeit austritt. Es ist nicht daran zu denken, dass diese Erscheinung in irgend einer Beziehung zum Wurzeldruck steht, vielmehr wird sie dadurch hervorgerufen, dass die in den Stämmen vorhandene Luft durch die gesteigerte Temperatur eine Ausdehnung erleidet und nun auf das vorhandene Wasser einen Druck geltend macht. Man wird wohl thun, lediglich diese zuletzt bezeichnete Erscheinung des Wasseraustritts aus verletzten Pflanzentheilen als Bluten zu charakterisiren und diese Bezeichnung nicht, wie es allerdings häufig geschehen ist, ebenfalls auf die Erscheinungen des Saftausflusses auszudehnen, welche in unmittelbarster Beziehung zum Wurzeldruck stehen [1]).

Bereits die angedeuteten Thatsachen weisen darauf hin, dass die Verhältnisse, welche sich auf den Wurzeldruck und die durch denselben hervorgerufenen Erscheinungen beziehen, ein ungemeines Interesse für sich in Anspruch nehmen. Und in der That, es haben schon von je her manche Forscher auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie unserem Gegenstande ihre specielle Aufmerksamkeit zugewendet. Insbesondere hat zuerst Hales [2]) den Wurzeldruck eingehender studirt und wichtige Beiträge zur genaueren Kenntniss desselben geliefert. Hales und manche andere Forscher scheinen aber geglaubt zu haben, dass der Wurzeldruck nur gewissen Pflanzenspecies eigenthümlich sei; erst Hofmeister [3]) constatirte durch viele Experimente, dass Flüssigkeitsmassen in den verschiedenartigsten Pflanzen in Folge des Wurzeldrucks emporgepresst würden. Man weiss jetzt, dass die Wurzelkraft eine im Pflanzenreiche weit verbreitete Erscheinung ist, dass dieselbe sich sowohl bei Monocotyledonen als auch bei Dicotyledonen geltend macht.

Somit wird man schon *a priori* annehmen dürfen, dass der Saftauftrieb durch die Wurzel von Bedeutung für die Oekonomie

1) Vgl. über die hier angedeuteten Verhältnisse in dem ausgezeichneten Lehrbuch der Botanik von Sachs. 1874. S. 649 und 659.

2) Vgl. Hales, Statist. d. Gewächse. Deutsch v. Wolff. 1748.

3) Vgl. Hofmeister, Berichte der K. Sächs. Gesellschaft d. Wiss. 1857.

des vegetabilischen Organismus ist. Wir wissen, dass die Pflanze einer gewissen Wassermenge nothwendig bedarf, um sich normal zu entwickeln; es ist ferner bekannt, dass die Flüssigkeitsmassen, die aus dem Boden in die Wurzel eintreten, Mineralstoffe in Lösung enthalten, welche ebenfalls für das Gedeihen jeder Pflanze von höchster Wichtigkeit sind. Allerdings ist es aber auch denkbar, dies muss ebenfalls betont werden, dass eine Pflanze sich durchaus normal bei Abwesenheit des Wurzeldrucks entwickeln kann.

Wir werden im vierten Abschnitt zeigen, dass diese Behauptung nicht unberechtigt ist. Dagegen ist aber zu bemerken, dass der Wurzeldruck im Frühjahr entschieden thätig ist und sich ebenfalls wohl im Sommer in Bäumen unter Umständen, wenn nämlich die Transpiration der Blätter während längerer Perioden sehr gering ist, geltend machen kann. Weiter ist darauf hinzuweisen, dass der Wurzeldruck in krautartigen Gewächsen häufiger eine Rolle spielt. Zwar steht der Wurzelstock solcher Pflanzen, wie Sachs[1]) angiebt, und wie ich bestätigen kann, wenn dieselben stark transpirirten, unter negativem Druck, aber häufig macht sich auf der anderen Seite bei niedrigen und wenig verholzten Gewächsen die Wirksamkeit des Wurzeldrucks auf das Augenscheinlichste geltend[2]). Und wenn der Saftauftrieb im Frühjahre und im Sommer zu Zeiten, wo die Transpiration sehr deprimirt ist, auftritt, so ist er von Bedeutung für die Vegetation, zumal deshalb, weil das in der Pflanze angesammelte Wasser derselben zu Zeiten sehr starker Transpiration von Nutzen werden kann[3]) [4]). Wir kommen auf die hier berührten Verhältnisse später zurück.

Wir haben bereits erwähnt, dass die Thätigkeit der Wurzel durch verschiedene äussere Momente beeinflusst wird. Dadurch erlangen die hier zu studirenden Erscheinungen einen sehr complicirten Charakter, und es ist durchaus erforderlich, über die

---

1) Vgl. Sachs, Lehrbuch der Botanik. 1874. S. 654.

2) Man denke nur an die Tropfenausscheidung, die sich häufig am Morgen an den Blättern vieler Pflanzen zeigt.

3) Zumal möchte ich betonen, dass dies Verhältniss für das Leben krautartiger Gewächse unter Umständen von grosser Wichtigkeit sein kann. Wenn die Hohlräume der Pflanzen sich in der Nacht mit Wasser gefüllt haben, und wenn nun am folgenden Tage eine sehr lebhafte Transpiration stattfindet, so werden die vorhandenen Flüssigkeitsmengen gewiss von Bedeutung für den Organismus sein.

4) N. J. C. Müller (vgl. dessen botanische Untersuchungen, II. II. S. 25) hat sich keine durchaus richtige Vorstellung über die hier in Rede stehenden Verhältnisse gebildet.

Tragweite eines derartigen Verhältnisses im Klaren zu sein. Ich habe mich bei der Ausführung meiner Untersuchungen auf das Ernsthafteste bemüht, dem angedeuteten Gesichtspuncte Rechnung zu tragen, und werde im Verlaufe unserer Darstellungen noch mehrfach Gelegenheit finden, auf denselben hinzuweisen.

Hier sei nur noch die Bemerkung gestattet, dass meine Untersuchungen sich allerdings in erster Linie auf die Ursachen des Wurzeldrucks und die Erscheinungen des durch denselben hervorgerufenen Saftausflusses bezogen. Ferner aber führte ich einige Beobachtungen über die Wasseraufnahme seitens oberirdischer Pflanzentheile aus und erlaube mir, ebenfalls die Resultate dieser Arbeiten mitzutheilen.

Wir können unsere Darstellungen wie folgt gliedern:

I. Die Wasseraufnahme oberirdischer Pflanzentheile.
II. Die Ursachen des Wurzeldrucks.
III. Der Einfluss äusserer Verhältnisse auf den Saftausfluss.
IV. Der allgemeine Gang des Saftausflusses.
V. Die Periodicität des Saftausflusses.

I. Die Wasseraufnahme oberirdischer Pflanzentheile.

Den Pflanzen, welche im Boden wurzeln und ihre oberirdischen Organe in die Atmosphäre erstrecken, stehen offenbar mehrere Quellen zu Gebote, aus denen sie ihren Bedarf an tropfbar-flüssigem Wasser entnehmen können. In erster Linie sind die Wurzeln befähigt, dem Boden Flüssigkeitsquantitäten zu entziehen [1], weiter aber liegt ebenfalls die Möglichkeit vor, dass in den Gewächsen vorhandener Wasserdampf eine Condensation erleidet, und tropfbar-flüssiges Wasser sich im vegetabilischen Organismus selbst bildet. Wenn durch irgend welche Ursachen die Gasgemische im Innern der Pflanzen eine Abkühlung erleiden, so wird offenbar häufig eine Condensation des Wasserdampfes erfolgen müssen [2],

1) Vgl. Genaueres über die Aufnahme des Wassers seitens der Pflanzen aus dem Boden in meinem Lehrbuche der Bodenkunde. 1876. S. 243.

2) Dies tritt nicht ein, wenn der Wasserdampfgehalt der Luft im Innern der Pflanzen, wie es allerdings wohl nur selten der Fall sein dürfte, ein geringer ist, und wenn nur eine unbedeutende Temperaturerniedrigung erfolgt.

und damit wird dem Organismus tropfbar-flüssiges Wasser zugeführt.

Für uns von besonderem Interesse sind aber die Fragen, ob tropfbar-flüssiges Wasser, wenn es sich an der Oberfläche der Blätter befindet, von diesen aufgenommen werden kann, und ob oberirdische Pflanzentheile im Stande sind, Wasserdampf zu condensiren.

Was das erstere Verhältniss anbelangt, so haben verschiedene Physiologen, z. B. Bonnet[1]), Duchartre[2]), Heiden[3]) und A. Mayer[4]), sich zwar über dasselbe ausgesprochen, sind aber durch ihre Untersuchungen nicht zu übereinstimmenden Resultaten gelangt, weshalb ich es für geboten hielt, dem Gegenstande aufs Neue näher zu treten.

Duchartre stellte seine Untersuchungen in der Weise an, dass er verschiedene Pflanzen, z. B. *Fuchsia globosa*, *Veronica*- und *Hortensia*-Species, in Töpfen cultivirte, und den Boden, in welchem sich die Pflanzen entwickelten, derartig von der Luft abschloss, dass weder Wasser aus demselben verdunsten, noch demselben zufliessen konnte. Die Vorrichtungen mit den Pflanzen wurden gewogen, dann längere oder kürzere Zeit (bis 18 Stunden) dem Regen, Thau oder Nebel ausgesetzt, um die Apparate abermals zu wiegen. Da sich, nachdem die Pflanzen dem Einflusse der meteorischen Niederschläge ausgesetzt gewesen waren, bei diesen Beobachtungen keine oder doch nur sehr unbedeutende Gewichtszunahmen constatiren liessen, so glaubte Duchartre den Schluss ziehen zu dürfen, dass die oberirdischen Theile der Untersuchungsobjecte nicht im Stande wären, Wasser aufzunehmen.

Die angeführten Beobachtungen sind aber durchaus nicht dazu angethan, unsere Frage zu entscheiden. Wir müssen bedenken, dass in den Pflanzen eine Reihe von Processen verlaufen (Assimilation, Stoffwechsel, Wasserverdunstung), welche von grossem Einflusse auf das Gewicht derselben sind, und aus diesem Grunde können wir den Untersuchungen Duchartre's keinen Werth beilegen.

Heiden, der die Frage nach der Wasseraufnahme ebenfalls

1) Vgl. Bonnet, Untersuchungen über den Nutzen d. Blätter. Deutsch v. Arnold. 1762.

2) Vgl. Duchartre, *Comptes rendus*. *T*. 46. *p*. 205.

3) Vgl. Heiden, Düngerlehre. Bd. I. S. 170.

4) Vgl. A. Mayer, Lehrbuch der Agriculturchemie. 2. Aufl. Theil I. S. 362.

experimentell zu bearbeiten sucht[1]), glaubt schon daraus, dass welke Pflanzen sich bei eintretendem Regen sehr schnell erholen, den Schluss ziehen zu dürfen, dass die oberirdischen Organe derselben im Stande seien, tropfbar-flüssiges Wasser aufzunehmen. Man hat in der That oft genug Gelegenheit zu beobachten, dass die Vegetation durch einen nach einer Periode längerer Trockenheit fallenden Regen sehr schnell erfrischt wird. Wenn wir nun auch annehmen, dass diese Erscheinung nicht auf eine gesteigerte Wasseraufnahme seitens der Wurzeln zurückzuführen ist, da es gewiss einiger Zeit bedarf, bis die gefallenen Flüssigkeitsmassen, nachdem sie auf den Boden gelangten und von den Wurzeln aufgenommen wurden, den Turgor der oberirdischen Pflanzentheile erheblich zu steigern vermögen, so liegt doch noch immer die Möglichkeit vor, dass die meteorischen Niederschläge lediglich deshalb sehr schnell ein frisches Aussehen der Pflanzen bedingen, weil die Transpiration der Pflanzen in Folge des Regens ganz bedeutend deprimirt wird, und sich somit ein für die Vegetation günstiges Verhältniss zwischen Wasseraufnahme und Wasserabgabe herausstellt.

Nichts desto weniger erscheint es *a priori* wahrscheinlich, dass die Blätter im Stande sind, tropfbar-flüssiges Wasser aufzusaugen. Wenn man Blätter in Wasser eintaucht, so tritt häufig ein sehr schönes Phänomen hervor, indem nämlich die Pflanzentheile von einer bald sehr deutlich, bald minder klar hervortretenden silberglänzenden Schicht überzogen erscheinen, die nur hier und dort das Grün des Chlorophyllfarbstoffes hervortreten lässt[2]). Viele Blätter sind an ihrer Oberfläche mit einem wachsartigen Überzuge bedeckt, und dieser ist es eben, der die angedeutete Erscheinung hervorruft, indem die wachsartigen Massen nicht benetzbar sind, und das Licht nun durch das Vorhandensein einer Luftschicht zwischen dem Blatt und dem Wasser eine totale Reflection erleiden kann[3]). Entfernt man das Blatt aus dem Wasser, so findet man, dass das Mesophyll trocken ist; nur an den

---

1) Die Experimente Heiden's scheinen uns aber nicht beweiskräftig zu sein.

2) Diese Erscheinungen konnte ich besonders schön an den Blättern von *Aristolochia Sipho* beobachten. Zuweilen, z. B. bei *Quercus sessiliflora*, zeigt nur die Unterseite der Blätter beim Eintauchen ins Wasser den Silberglanz deutlich.

3) Manche Blätter sind auch deshalb schwer benutzbar, weil ihre Epidermis mit einer dicken Cuticularschicht überzogen ist, die, wie De Bary fand, reichliche Wachsquantitäten in sich einschliesst.

Theilen des Blattes, die ebenfalls unter Wasser grün erschienen, an den grössern Blattnerven und etwa vorhandenen Haaren hängen in perlenschnurartiger Anordnung Wassertröpfchen. Diese Theile der Blätter sind also stets benetzbar; das Mesophyll wird es ebenfalls nach und nach, wenn die Blätter längere Zeit im Wasser verweilen, oder wenn der Regen die Wachsüberzüge abgewaschen hat[1]).

Sind die Blätter aber an bestimmten Theilen benetzbar, so wird das Wasser auch wohl die Möglichkeit finden, in die Organe einzudringen[2]). Um Sicheres über die hier in Rede stehenden Verhältnisse zu ermitteln, habe ich verschiedene Experimente ausgeführt.

Zur Ausführung der Untersuchungen wurden die Blätter verschiedener Pflanzen benutzt und stets direct vor den Beobachtungen der lebenden Pflanze entnommen. Zunächst wurden einige Beobachtungen wie folgt ausgeführt: Das Blatt wurde im frischen Zustande gewogen, dann benetzt, mit Hülfe von Fliesspapier sorgsam abgetrocknet und abermals gewogen[3]). Darauf blieb das Blatt $^1/_4$ Stunde lang in Wasser liegen, um dasselbe aufs Neue zu trocknen und zu wiegen. Endlich wurden diese letzteren Manipulationen noch einmal wiederholt, nachdem sich das Blatt eine Stunde lang mit Wasser in Berührung befunden hatte. Derartige Versuche lieferten für ein Blatt von *Cucurbita Melopepo* und ein anderes von *Triticum vulgare* z. B. die folgenden Ergebnisse:

	Cucurbita Melopepo.	*Triticum vulgare.*
Ursprüngliches Gewicht der Blätter . .	1.160 Grm.	0.208 Grm.
Gewicht der Blätter nach dem Benetzen	1.178 „	0.198 „
Gewicht der Blätter, nachdem sie sich $^1/_4$ Stunde lang mit Wasser in Berührung befunden hatten	1.240 „	0.228 „
Gewicht der Blätter, nachdem sie sich eine Stunde lang mit Wasser in Berührung befunden hatten	1.254 „	0.233 „

Diese Beobachtungen leiden aber an einem Mangel, denn es liegt die Möglichkeit vor, dass beim Abtrocknen der Blätter Theilchen der Epidermis abgerieben wurden, und dass das Wasser nun

1) Vgl. auch über die hier berührten Verhältnisse bei Sachs, Experimentalphysiologie der Pflanzen. 1865. S. 150.

2) Selbstverständlich werden Blätter, deren Zellen sich im Zustande ausserordentlich starker Turgescenz befinden, kein Wasser mehr aufnehmen können.

3) Hier, wie stets bei der Ausführung der Untersuchungen, wurde natürlich sehr dafür gesorgt, dass der Querschnitt des Blattstieles nicht mit Wasser in Berührung kam. Ferner erfordert das Abtrocknen der Blätter viel Sorgfalt.

seitens tiefer liegender Zellschichten der Blätter eine Aufnahme erlitt. Deshalb stellte ich die weiteren Beobachtungen in der Weise an, dass ich die gewogenen Blätter direct längere oder kürzere Zeit mit ihren Spreiten in destillirtes Wasser stellte, um sie alsdann zwischen Fliesspapier zu trocknen und zu wiegen [1]). Oder ich liess Wasser auf die Blätter tropfen, legte die benetzten Blätter derartig auf einen Teller, dass der Blattstiel über den Rand desselben hervorragte und bedeckte den einen Teller mit einem anderen, so dass sich nur die Ränder berührten. Das Benetzen der Blätter wurde mehrfach am Tage wiederholt. Die Resultate der Untersuchungen sind in Tabelle I übersichtlich zusammengestellt; nur die drei letzten Versuche sind nach der hier zuletzt beschriebenen Methode ausgeführt worden, bei deren Anwendung also die Teller benutzt wurden.

Es geht aus den Angaben der Tabelle klar hervor, dass die Blätter im Stande sind, durch ihre Epidermis Wasser aufzunehmen [2]). Selbst dort, wo die Blätter nach dem Versuche ein geringeres Gewicht als vor Beginn desselben zeigen, mag eine Wasseraufnahme erfolgt sein. Dieselbe prägt sich möglicherweise nur nicht in den Zahlen aus, weil vielleicht beim Abtrocknen der Blätter kleine Substanzverluste statthatten. Ferner zeigt die Tabelle, was mit dem bereits Erwähnten in Übereinstimmung steht, dass die Blätter, welche sehr behaart sind, namentlich diejenigen von *Helianthus* und *Catalpa*, das Wasser besonders energisch aufsaugen. Die mit sehr glatter Epidermis versehenen Blätter von *Prunus* nehmen dagegen das Wasser nur schwierig in sich auf [3]). Wollte man dem hier berührten Gegenstande ein sehr ein-

1) Die Gläser mit den Blättern standen an schwach beleuchteten oder dunklen Orten, so dass die Resultate der Versuche nicht in Folge des Stattfindens der Assimilation getrübt wurden.

2) Man könnte gegen meine Versuche einwenden, dass die Zunahme im Gewicht der Blätter entstanden sei, indem Wasserdampf von aussen, zumal durch den Querschnitt der Blattstiele, in die Blätter eingetreten wäre und in Folge etwaiger Temperaturschwankungen eine Condensation erlitten hätte. Diesen Einwand machte ich mir selbst, aber als ich seine Tragweite durch besondere Beobachtungen geprüft, kam ich zu dem Resultat, dass er nicht im Entferntesten Beachtung verdiene. Überdies bemerke ich, dass, da meine Versuche mit grosser Sorgfalt ausgeführt wurden, einige weitere Momente (Schwierigkeit des Abtrocknens der Blätter, Möglichkeit von Thaubildung) die Resultate der Untersuchungen nicht getrübt haben.

3) Mit der von uns constatirten Thatsache, dass Blätter tropfbar-flüssiges Wasser aufnehmen können, steht die andere im Einklange, welche kürzlich von Eder (vgl. Bd. LXXII d. Sitzungsber. d. k. Akadem. d. Wiss. zu Wien.

gehendes Studium widmen, so käme es darauf an, zu untersuchen, wie sich einerseits junge Blätter einer bestimmten Pflanzenspecies, andererseits ältere Blätter derselben Art bezüglich ihres Verhaltens gegen Wasser unterscheiden, in welcher Beziehung die Natur des Wachüberzuges der Blätter zum Vermögen derselben, Wasser aufzusaugen, steht u. s. w. Indessen diese Fragen, die überdies nur äusserst schwierig auf experimentellem Wege zu lösen sind, haben im Vergleich zu der Hauptfrage, ob die Blätter nämlich über haupt im Stande sind, Wasser aufzunehmen, ein untergeordnetes Interesse, und glaubte ich dieselben deshalb hier unberücksichtigt lassen zu dürfen.

Nehmen wir an, dass auf welke Pflanzen ein Regen herabfällt, so werden die Blätter allerdings Wasser aufnehmen. Indessen wenn der Regen nur einigermaassen stark war, so dringt er in Bodenschichten ein, in denen sich Wurzeln ausbreiten, und nun wird den oberirdischen Organen Flüssigkeit durch diese zugeführt. Wären die Blätter nicht im Stande, Wasser aufzunehmen, so würden die oberirdischen Organe der Pflanzen also dennoch ihr Turgescenz bald wieder erlangen. Wenn Pflanzen am Abend welk sind, und wenn nun Thau fällt, so mag unter Umständen die Fähigkeit der Blätter, denselben aufzusaugen, einige Wichtigkeit für den vegetabilischen Organismus besitzen [1]). Nicht ohne Interesse ist, dass die meteorischen Niederschläge Pflanzennahrungsmittel (Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure) in geringen Quantitäten gelöst enthalten. Diese Stoffe werden den Pflanzen, wenn die Blätter Regen- und Thauwasser aufnehmen, natürlich zugeführt [2]).

Wenden wir nunmehr der Frage unserer Aufmerksamkeit zu, ob nämlich die oberirdischen Pflanzentheile im Stande sind, Wasserdampf zu condensiren, so ist zu bemerken, dass die Thatsächlichkeit dieses Verhältnisses von vornherein kaum einem Zweifel unterliegt. Es ist klar, dass zwischen dem Wassergehalt der in die Atmosphäre hineinragenden Pflanzentheile und dem-

1875) festgestellt wurde, dass die Epidermis verschiedener Blätter, wenn sie sich einige Zeit lang mit Wasser in Berührung befindet, die Flüssigkeit durch sich hindurch treten lässt.

1) Vgl. auch über diese Verhältnisse bei Sachs, Versuchsstationen. Bd. III. S. 45.

2) Wenn die oberirdischen Organe der Pflanzen nun auch im Stande sind, tropfbar-flüssiges Wasser, welches mit ihrer Oberfläche in Berührung gelangt, aufzunehmen, so wirken die meteorischen Niederschläge doch vor allen Dingen deshalb erfrischend auf die Vegetation ein, weil die Wasseraufnahme durch die Wurzeln gesteigert und die Transpiration vermindert wird.

jenigen der Luft stets gewisse Beziehungen vorhanden sein werden. Die Pflanzen werden die grösste Wassermenge in Form von Wasserdampf an die Luft abgeben, wenn sie selbst reichliche Feuchtigkeitsmengen enthalten, und wenn die Luft arm an Wasserdampf ist, eine hohe Temperatur besitzt und gar noch lebhaft vom Winde bewegt wird. Sollte nicht unter Umständen, bei hohem Wasserdampfgehalt der Luft und welker Beschaffenheit der Pflanzen, das Entgegengesetzte, d. h. eine Wasserdampfaufnahme seitens des vegetabilischen Organismus, erfolgen können? Diese Frage ist von den älteren Pflanzenphysiologen bejahend beantwortet worden. Unger[1]) dagegen glaubt durch seine Beobachtungen zu einem entgegengesetzten Resultate geführt worden zu sein. Ein Zweig von *Crassula obliqua* wurde z. B. an der Schnittfläche verklebt und gewogen. Dann brachte Unger den Pflanzentheil in einen reichliche Wasserdampfmengen enthaltenden Raum und wog den Zweig von Zeit zu Zeit aufs Neue. Die Resultate der Bestimmungen sind in der folgenden kleinen Tabelle zusammengestellt:

Beobachtungszeiten. Tag.	Stunde.	Gewicht des Zweiges.
9. November	12 M.	36.5165 Grm.
14. „	12 „	36.2000 „
18. „	12 „	35.8250 „
20. „	12 „	35.5780 „
23. „	12 „	35.4670 „
24. „	12 „	35.4280 „

Ich habe die Blätter verschiedener Pflanzen ebenfalls auf ihr Vermögen, der Luft Wasserdampf zu entziehen, geprüft. Das ursprüngliche Gewicht der Organe wurde geprüft, um sie alsdann in eine gänzlich mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre zu bringen. Die Untersuchungen ergaben Folgendes:

I. Blätter von Weizenpflanzen, die eben zu welken begannen[2]).
Ursprüngliches Gewicht der Blätter . . . . 1.1425 Grm.
Gewicht der Blätter nach 24stündigem Verweilen im dunstgesättigten Raum[3]) . . . . 1.0605 „

---

1) Vgl. Unger, Separatabdruck aus dem IX. Bd. der Sitzungsberichte d. Akademie der Wiss. zu Wien. Vgl. daselbst ebenfalls die ältere Literatur über unsern Gegenstand.

2) Die Weizenpflanzen entwickelten sich in Blumentöpfen.

3) Die Beobachtungen über das Condensationsvermögen der Blätter wurden in einem Raume angestellt, der nicht viel Licht empfing und in welchem eine sehr constante Temperatur herrschte.

II. Blätter von Weizenpflanzen, die sehr stark gewelkt waren.
Ursprüngliches Gewicht der Blätter . . . . 0.803 Grm.
Gewicht der Blätter nach 24stündigem Verweilen im dunstgesättigten Raum . . . . 0.803 „
Gewicht der Blätter nach weiteren 24 Stunden . . . 0.797 „

III. Blätter von Weizenflanzen, die dem Absterben aus Wassermangel nahe waren.
Ursprüngliches Gewicht der Blätter . . . . 0.685 Grm.
Gewicht der Blätter nach 24stündigem Verweilen im dunstgesättigen Raum . . . . 0,685 „

IV. Blätter eines aus Wassermangel dem Absterben nahen Exemplars von *Cucurbita Melopepo.*
Ursprüngliches Gewicht der Blätter . . . . 2.4465 Grm.
Gewicht der Blätter nach 24stündigem Verweilen im dunstgesättigten Raum . . . . 2.4435 „

V. Frische Blätter von *Cyperus Papyrus.*
Ursprüngliches Gewicht der Blätter . . . . 1.569 „
Gewicht der Blätter nach 32stündigem Verweilen im dunstgesättigten Raum . . . . 1.562 „

VI. Frische Blätter von *Ludolfia glaucescens.*
Ursprüngliches Gewicht der Blätter . . . . 0.6335 „
Gewicht der Blätter nach 24stündigem Verweilen im dunstgesättigten Raum . . . . 0.6310 „

Man wird geneigt sein, aus den Resultaten der Untersuchungen Unger's und denjenigen meiner Beobachtungen den Schluss zu ziehen, dass die Blätter nicht im Stande sind, Wasserdampf aus der Atmosphäre anzuziehen. Selbst die verhältnissmässig trockenen Blätter von *Cyperus* und *Ludolfia* verloren in dem dunstgesättigten Raum noch an Gewicht. Indessen es liegt immerhin die Möglichkeit vor, dass die Pflanzen dennoch Wasserdampf condensirt hatten, und dass dies Verhältniss sich nur deshalb nicht constatiren liess, weil die Pflanzentheile bedeutendere Kohlensäurequantitäten ausgegeben hatten, wodurch natürlich die Wasserdampfcondensation unkenntlich gemacht worden wäre.

Um also zu einer bestimmten Antwort auf unsere Frage zu gelangen, mussten weitere Beobachtungen angestellt werden. Es wurden Blumentöpfe, in denen sich Pflanzen von *Triticum vulgare* und *Cucurbita Melopepo* freudig entwickelten, längere Zeit in einem hellen Zimmer ruhig hingestellt, ohne dem Boden Wasser zuzuführen. Als die Pflanzen sehr welk waren, wurden einzelnen derselben Blätter entnommen, um mit diesen die unter III und IV mitgetheilten Experimente anzustellen. Nachdem diese Beobachtungen abgeschlossen waren, wurden die Blätter bei 100° C. getrocknet; die Weizenblätter zeigten jetzt ein Gewicht von 0.177

Grm., die Blätter von *Cucurbita* wogen 0.6435 Grm. Nach 9-tägigem Verweilen der getrockneten Weizenblätter in einer gänzlich mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre wogen sie 0.377 Grm. Unter gleichen Verhältnissen nahmen die Blätter von *Cucurbita* ein Gewicht von 1.036 Grm. an[1]). Wir dürfen nun gewiss behaupten, dass das Condensationsvermögen der Blätter in der langen Zeit von 9 Tagen gänzlich befriedigt wurde, ja die Pflanzentheile hatten so bedeutende Wassermenge aufgenommen, dass ihnen im dunstgesättigten Raum wohl sicher in Folge von Thaubildung Flüssigkeit zugeführt sein musste[2]).

Was die Pflanzen in den Töpfen anbelangt, so wurzelten neben denjenigen, welchen die Blätter zum Zweck der beschriebenen Beobachtungen entnommen waren, noch weitere, die ebenfalls in Folge des Wassermangels durchaus welk erschienen. Als die Blätter von gewissen Exemplaren der Untersuchungsobjecte abgeschnitten waren, wurde der Boden in den Töpfen begossen, um die Pflanzen darauf mit Glasglocken zu bedecken. Es zeigte sich, dass die Pflanzen in sehr kurzer Zeit zu Grunde gingen. Diese Experimente beweisen deutlich, dass die untersuchten Pflanzen, und ihnen analog werden sich alle Gewächse oder alle Theile derselben verhalten, die verhältnissmässig reich an Wasser sind, bereits absterben, wenn sie noch so viel Feuchtigkeit enthalten, dass an eine Condensation von Wasserdampf nicht gedacht werden kann[3]).

Ich habe einem gänzlich vertrockneten Exemplar von *Helianthus tuberosus* Blätter entnommen und diese auf ihr Condensationsvermögen für Wasserdampf geprüft. Die Blätter wurden gewogen und dann in eine Atmosphäre gebracht, welche bei weitem nicht mit Wasserdunst gesättigt war, so dass keine Thaubildung erfolgte. Das ursprüngliche Gewicht der Blätter betrug 0.587 Grm. Nach Abschluss des Versuchs (24 Stunden) wogen die Blätter 0.637 Grm. Es können also vegetabilische Organe in der Natur so weit austrocknen, dass sie im Stande sind, Wasserdampf zu verdichten. Es konnte dies Vermögen für die *Helianthus*pflanze aber nicht mehr

---

1) Derartige Beobachtungen habe ich mehrfach wiederholt.

2) In der That fühlten sich die Blätter nach Abschluss der Versuche feucht an.

3) Ich gebe zu, dass das Condensationsvermögen der Blätter durch das Trocknen eine Veränderung erlitten haben kann; indessen wird dies entschieden nicht in einem Grade der Fall gewesen sein, dass dadurch unsere Schlussfolgerung illusorisch wird.

von Bedeutung sein, denn als ihr die Blätter entnommen wurden, lebte sie nicht mehr. Dagegen brachte mich das angedeutete Experiment auf die Idee, zu untersuchen, ob nicht trockne Theile von saftreichen Pflanzen oder gar vollständige Gewächse, die sehr wasserarm sind, ein Condensationsvermögen besitzen.

Einer grossen Weide wurde etwas Borke entnommen, um diese, nachdem sie gewogen war, in eine Atmosphäre zu bringen, die so wenig Wasserdampf enthielt, dass eine Thaubildung gänzlich ausgeschlossen blieb. Die Beobachtungen sind mehrfach wiederholt worden. In der folgenden kleinen Zusammenstellung ist unter I das ursprüngliche Gewicht der Borke, unter II aber das Gewicht der Untersuchungsobjecte angegeben, nachdem sie in der wasserdampfhaltigen Atmosphäre verweilt hatten, unter III ist die Zeitdauer der Versuche verzeichnet.

	I.	II.	III.
1)	0.872 Grm.[1])	0.927 Grm.	24 Stunden.
2)	1.579 „	1.835 „	24 „
3)	1.400 „ [2])	1.442 „	12 „

Diese Angaben zeigen, dass die Borke, wenn sie in der Natur einen bestimmten Grad der Trockenheit erlangt hat, im Stande ist, Wassergas zu condensiren. Die hier in Rede stehende Eigenschaft der Borke ist aber durchaus nicht von grosser Bedeutung.

Einigermaassen wichtig erschien es mir, die Frage experimentell zu behandeln, ob Flechten im Stande sind, Wasserdampf zu condensiren. Man kann in den Gebirgen leicht beobachten, dass oft riesige Felsmassen gänzlich von Flechten so dicht bedeckt sind, dass die Farbe des Gesteins kaum mehr kenntlich ist. Wenn die Sonnenstrahlen die Flechten auf den Felsen am Tage treffen, so müssen die Pflanzen bedeutend austrocknen, und es ist *a priori* zu vermuthen, dass dieselben dann zur Zeit der Nacht im Stande sind, Wasserdampf aus der Atmosphäre zu verdichten. Ähnlich werden sich Flechten verhalten, welche an Bäumen haften.

Auf einer Schweizer Reise, die ich im Sommer 1876 machte, sammelte ich am 6. September auf dem Wege von Interlaken zum Faulhorn unweit der schynigen Platte zwei Flechtenspecies, die an den Zweigen von *Abies excelsa* hafteten. Die Pflanzen wurden sofort, nachdem sie vom Baume abgenommen waren, in

1) Die Borke wurde der Weide stets an heissen Tagen entnommen.

2) 1.152 Grm. Nadeln von *Abies excelsa*, die gleichzeitig mit der zum Versuch 3 verwandten Borke in der wasserdampfhaltigen Atmosphäre verweilten, nahmen nicht an Gewicht zu, sondern verminderten ihr Gewicht auf 1.125 Grm.

Gläser gethan, und diese mit Hülfe gut passender Pfropfen verschlossen [1]). Nach einer Stunde fand ich dann Gelegenheit, die Gläser sorgfältig zu versiegeln, so dass also die Flechten in dem Zustande, in welchen sie an einem heissen Tage in der Natur versetzt werden, mitgenommen werden konnten, um sie später auf ihr Condensationsvermögen zu untersuchen. Die Flechten wurden gewogen, dann in einen dunkeln Raum gestellt, dessen Atmosphäre Wasserdampf enthielt, und nach bestimmter Zeit wieder gewogen. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft wurde mittelst eines Psychrometers bestimmt. In der folgenden Tabelle ist unter I das ursprüngliche Gewicht der Flechten, unter II aber dasjenige der Pflanzen angegeben, nachdem sie in der wasserdampfreichen Atmosphäre verweilt hatten. Unter III ist die Zeitdauer der Beobachtungen, unter IV der Stand des Quecksilbers des trocknen und unter V der Stand des Quecksilbers des feucht erhaltenen Thermometers des Psychrometers verzeichnet [2]):

	I.	II.	III.	IV.	V.
1) *Evernia furfuracea*	0.584 Grm.	0.603 Grm.	6 Stunden.	17.0° C.	15.0° C.
2) *Bryopogon jubatus*	0.333 „	0.340 „	24 „	15.0 „	13.6 „
3) „ „	0.695 „	0.711 „	24 „	15.0 „	13.6 „

Die Flechten trocknen also in der Natur so weit aus, dass sie im Stande sind, Wasserdampf zu condensiren, und es ist dies Verhältniss von besonderem Interesse, weil wir wissen, dass die genannten Pflanzen selbst dann, wenn sie grossen Wassermangel erleiden, ihre Lebensfähigkeit nicht einbüssen.

II. Die Ursachen des Wurzeldrucks.

Die verschiedenen Physiologen, welche sich mit den Ursachen des Wurzeldrucks näher beschäftigten, haben ungemein voneinander abweichende Ansichten über dieselben ausgesprochen. Ich habe die Literatur über den Gegenstand bereits in meiner ersten Abhandlung über den Wurzeldruck eingehend besprochen und kann

1) Es wurde dafür Sorge getragen, dass lediglich reine Flechtensubstanz und kein Theil der Borke des Baumes in die Gläser gelangte.

2) Der Stand des Quecksilbers der beiden Thermometer veränderte sich während der Versuche kaum.

hier somit von einer weitläufigeren Besprechung derselben absehen. Nur so viel sei bemerkt, dass, nachdem zumal die älteren Forscher, z. B. Hales[1]), Sarrabat[2]), Dutrochet[3]) und Boehm[4]), die Ursachen des Wurzeldrucks nicht richtig erkannten, erst die Untersuchungen Brücke's[5]) und insbesondere diejenigen von Hofmeister[6]) und Sachs[7]) zu richtigen Vorstellungen über die in Rede stehenden Verhältnisse führten. Wir können uns, zumal auf Grund der mit ungemeinem Scharfsinn ausgeführten Untersuchungen der beiden zuletzt genannten Forscher, kurz etwa folgende Vorstellung über das Zustandekommen des Wurzeldrucks in der Pflanze bilden.

In den aufnehmenden Wurzelzellen befinden sich Substanzen von hohem endosmotischen Äquivalent. Diese ziehen bedeutende Wassermengen an, so dass die Zellen nach und nach in starke Turgescenz gerathen. Die Zellhäute, welche vom Inhalte der Zellen passiv gespannt werden, setzen der Dehnung vermöge ihrer Elasticität einen bedeutenden Widerstand entgegen, aber nach und nach wird der Druck im Innern der Zellen, welche fortdauernd neue Wasserquantitäten aufnehmen, so gross, dass eine Filtration des Zellsaftes durch die Membranen erfolgt. Bedenken wir, dass unendlich viele Zellen in der Wurzel der Pflanze derartig wirken, wie es hier angedeutet wurde, so erscheint es begreiflich, dass der in das Holz hineingepresste Saft häufig unter hohem Druck steht.

Man hat versucht, die hier in ihren Grundzügen angedeuteten Processe mit Hülfe verschiedener Apparate ausserhalb des vegetabilischen Organismus hervorzurufen, und namentlich haben sich Hofmeister und Sachs in dieser Beziehung wieder grosse Verdienste erworben. Ich habe ebenfalls einen Apparat construirt, um die Ursachen des Wurzeldrucks zu studiren. Der Apparat hat grosse Ähnlichkeit mit demjenigen, welchen Sachs zur Ausführung seiner Untersuchungen benutzte.

---

1) Vgl. Hales, Statik der Gewächse. Deutsch v. Wolff. 1748. S. 52.

2) Vgl. über Sarrabat's Ansichten bei Dutrochet: *Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux.* 1837. I. S. 389.

3) Vgl. Dutrochet: Ebendaselbst. S. 392.

4) Vgl. Boehm, Berichte d. kais. Gesellschaft d. Wiss. zu Wien. 1863 und 1864.

5) Vgl. Brücke, Poggendorff's Annal. 1844. Bd. III. S. 204.

6) Vgl. Hofmeister, Flora 1858, S. 1 und Flora 1862, S. 97 u. s. w.

7) Vgl. Sachs, Handbuch d. Pflanzenphysiologie, S. 204 und Lehrbuch d. Botanik, 1874, S. 658.

Ein kurzes, 79 Mm. Höhe und 40 Mm. Weite besitzendes Glasrohr, wurde an seinem untern Ende mit einer gut ausgewaschenen Schweinsblase verbunden, um die Vorrichtung nun mit einer bei gewöhnlicher Zimmertemperatur völlig gesättigten Rohrzuckerlösung anzufüllen, und die obere Öffnung des Glasrohres fest mit Pergamentpapier zu verschliessen. Dieser Apparat, den wir fortan als künstliche Zelle bezeichnen wollen, war durch die weite Öffnung eines grossen Korks zu schieben, so dass er, wenn der Kork auf ein mit destillirtem Wasser gefülltes Glas gesetzt wurde, mit seinem untern Theile in die Flüssigkeit eintauchte. Über den oberen Theil der künstlichen Zelle band ich eine oben in zwei Kautschukröhren auslaufende Kautschukkappe und verschloss die eine der Röhren, welche keine weitere Bedeutung besass, mit Hülfe eines kurzen Glasstabes, die andere aber mittelst eines zweifach gebogenen Glasrohres. Dieses Glasrohr war mit seinem noch freien Ende in die eine Bohrung eines zweifach durchbohrten und die Mündung eines kleinen Glases verschliessenden Kautschukkorks eingeschoben. In die andere Bohrung wurde ein unten und oben offenes und spitz ausgezogenes Glasrohr eingeführt. Den hier beschriebenen Apparat stellt Figur I der dieser Abhandlung angehängten Tafel dar.

War der Apparat zusammengestellt, so trat alsbald Wasser in die Zelle ein. Das verhältnissmässig hohe endosmotische Äquivalent des Rohrzuckers bewirkte, dass erhebliche Flüssigkeitsmengen durch die Schweinsblase in die künstliche Zelle eindrangen, so dass diese turgescirte. Der Saft in der Zelle übte einen Druck auf die Membranen aus, so dass diese sich convex nach aussen hin auswölbten und vermöge ihrer Elasticität einen Druck auf den Zellinhalt ausübten. Wenn der Druck in der Zelle ein gewisses Mass erreicht hatte, so vermochte er den Filtrationswiderstand des Pergamentpapieres, wie zunächst sichtbar wurde, zu überwinden, und es trat Zuckerlösung in das gebogene Glasrohr ein, die in dem kleinen Glase gesammelt werden konnte. Dass factisch in der Zelle ein bedeutender Druck herrschte, davon konnte ich mich leicht nach Abschluss jedes Versuchs überzeugen. Wenn nämlich in einer der Membranen der turgescirenden Zelle mit Hülfe einer feinen Nadel ein Loch angebracht wurde, so spritze ein feiner Flüssigkeitsstrahl hervor, und die Membranen erschlafften. Wir erhalten somit durch die Vorgänge in der künstlichen Zelle ein anschauliches Bild von den Processen, die sich in der Pflanze bei dem Zustandekommen des Wurzeldrucks gel-

tend machen. Nur ist mit dem grössten Nachdruck darauf aufmerksam zu machen, dass die Processe im vegetabilischen Organismus und in unseren Apparaten nicht durchaus und gänzlich mit einander zu identificiren sind. Der experimentirende Pflanzenphysiolog muss danach streben, alle Lebenserscheinungen der Organismen, mit denen er es zu thun hat, auf physikalische und chemische Grundursachen znrückzuführen; nur ist niemals aus dem Auge zu lassen, dass die physikalischen und chemischen Processe in der Pflanze lediglich dann richtig begriffen werden können, wenn man sie im Zusammenhange mit den eigenthümlichen Organisationsverhältnissen der vegetabilischen Wesen erfasst und studirt. Eine fruchtbare physiologische Forschung wird niemals gelingen, wenn man diesen Gesichtspunct nicht gebührend würdigt.

Ich habe unter Anwendungen künstlicher Zellen wohl 30 einzelne Beobachtungsreihen ausgeführt und bin in der Lage, über einige dieser Untersuchungen eingehender zu berichten. Es sei noch bemerkt, dass bei der Anstellung mancher Versuche das kurze Glasrohr an beiden Enden mit Pergamentpapier verschlossen wurde.

Versuchsreihe unter Anwendung von Schweinsblase und Pergamentpapier.

Beginn des Versuchs am 11. April. Temperatur etwa 20° C.

Es wurde nach je 24 Stunden ein Theil des aus der Zelle durch das gebogene Glasrohr in das kleine Glas übergetretenen Zuckersaftes untersucht. Der Saft der einzelnen Versuchsperioden wurde gesondert aufgefangen. Die Bestimmungen lieferten die folgenden Ergebnisse:

6.347 Grm. der ursprünglichen Zuckerlösung enthielten 3.681 Grm. Zucker[1]) = 60.83 %.

2.392 Grm. des vom 11. bis zum 12. April übergegangenen Saftes enthielten 1.291 Grm. Zucker = 53.97 %.

2.655 Grm. des vom 12. bis zum 13. April übergegangenen Saftes enthielten 1.311 Grm. Zucker = 49.38 %.

0.779 Grm. des vom 13. bis zum 14. April übergegangenen Saftes enthielten 0.380 Grm. Zucker = 48.78 %.

Diese Angaben zeigen, dass der Saft, welcher die künstliche Zelle in der ersten Versuchsperiode verlässt, concentriter als der-

1) Die Zuckerlösungen wurden eingedunstet und die Rückstände darauf bei 105° C. getrocknet.

jenige ist, welcher später ausfliesst. Es muss ein derartiges Verhältniss sich geltend machen, weil die Zuckerlösung in der Zelle fortdauernd viel Wasser aufsaugt und somit selbst ihre Concentration mehr und mehr herabdrückt.

Es erschien mir nun von besonderem Interesse, die Processe, welche sich bei der Thätigkeit der künstlichen Zelle geltend machten, genauer zu verfolgen, und es war dazu nothwendig, die Menge des ausfliessenden Zuckersaftes, die Concentration desselben, die Quantität des in die Zelle eingetretenen Wassers u. s. w. festzustellen. Dazu war es erforderlich, zunächst vor Beginn der Versuche die folgenden Gewichtsbestimmungen vorzunehmen:

Ia. Gewicht des kurzen Glasrohres, des Pergamentpapiers, des Bindfadens, der Kautschukkappe und des gebogenen Glasrohres.
IIa. Gewicht der Membran, mit Hülfe welcher die künstliche Zelle an ihrem unteren Ende verschlossen werden sollte, und des Bindfadens.
IIIa. Gewicht der fertig hergestellten künstlichen Zelle.
IVa. Gewicht des kleinen Glases, das zum Auffangen des austretenden Zuckersaftes diente.
Va. Gewicht des Glases, in welches, nachdem dasselbe mit destillirtem Wasser angefüllt war, die künstliche Zelle mit ihrem unteren Theile hineinragte.
VIa. Gewicht dieses Glases, nachdem es mit Wasser angefüllt worden war.

Nach Abschluss der Versuche mussten dann ferner die folgenden Gewichtsbestimmungen vorgenommen werden:
Ib. Gewicht der künstlichen Zelle im feuchten Zustande.
IIb. Gewicht der künstlichen Zelle, nachdem die untere Membran abgetrocknet worden war.
IIIb. Gewicht der künstlichen Zelle, nachdem die untere Membran und der Zuckersaft entfernt worden waren.
IVb. Gewicht des kleinen Glases und des darin gesammelten Zuckersaftes.
Vb. Gewicht des Glases und des Wassers, in welches die künstliche Zelle während des Versuchs hineinragte.

Hat man diese Gewichtsbestimmungen vorgenommen, so ist es nicht schwierig, die Vorgänge, welche in der künstlichen Zelle während des Versuchs statthatten, zu übersehen. Die folgenden Beispiele mögen dies zeigen:

Versuch mit Schweinsblase und Pergamentpapier.

Temperatur etwa 20° C.[1]).

Gewichte der einzelnen Flüssigkeiten vor dem Versuch.

1. Äusseres Wasser	238.29 Grm.
2. Zellsaft	130.78 „
	369.07 Grm.

Gewicht der einzelnen Flüssigkeiten nach Abschluss des Versuchs, nämlich nach 48 Stunden.

3. Äussere verdünnte Zuckerlösung .	227.64 Grm.
4. An der Zelle haftende Flüssigkeit .	1.26 „
5. Zellinhalt	130.75 „
6. In dem kleinen Glase während 40 Stunden angesammelte Flüssigkeit .	2.85 „
7. In dem kleinen Glase in den letzten 8 Stunden angesammelte Flüssigkeit und Zuckerlösung zwischen dem Pergamentpapier u. der Kautschukkappe sowie im gebogenen Glasrohre . .	4.82 „
	367.32 Grm.

Zuckergehalt der Flüssigkeiten

vor dem Versuch.		nach dem Versuch.	
1.	—	3.+4.	21.72 Grm.
2.	84.99 Grm.	5.	57.94 „
		6.	1.60 „
		7.	2.44 „
	84.99 Grm.		83.70 Grm.

Versuch, bei dessen Ausführung die Zelle oben und unten mit Pergamentpapier verschlossen wurde.

Temperatur etwa 20° C. Dauer des Versuchs 40 Stunden[2]).

Zuckergehalt der Flüssigkeiten

vor dem Versuch.		nach dem Versuch.	
1.	—	3.+4.	16.12 Grm.
2.	81.56 Grm.	5.	58.36 „
		6.[3])	7.90 „
	81.56 Grm.		82.38 Grm.

Es war mir bei der Ausführung dieser und ähnlicher Untersuchungen aufgefallen, dass von der Flüssigkeit in dem äussern

1) Die vielen einzelnen Gewichtsbestimmungen, welche zur Feststellung dieser Zahlen dienten, übergehen wir hier.

2) Um nicht zu weitläufig zu werden, übergehen wir die Gewichtsbestimmungen, welche sich auf die Flüssigkeiten beziehen.

3) Die Angaben unter 6 schliessen die Zuckermengen mit in sich ein, die sich in der Flüssigkeit zwischen dem oberen Pergamentpapier und der Kautschukkappe u. s. w. gelöst befanden.

Glase, in welche die künstliche Zelle hineinragte, stets nur verhältnissmässig wenig verschwand, und dass die äussere Flüssigkeit nach Abschluss der Versuche immer verhältnissmässig viel Zucker enthielt. Dies legte den Gedanken nahe, dass die künstliche Zelle nicht nur nach oben hin, sondern ebenfalls nach unten Saft auspressen möchte. Um über das angedeutete Verhältniss Näheres zu erfahren, wurden die folgenden Versuche ausgeführt:

Einerseits richtete ich eine künstliche Zelle ganz in der beschriebenen Weise her. Andererseits wurde ein Apparat zusammengestellt, der sich von dem Normalapparat nur in sofern unterschied, als der obere Theil des kurzen Glasrohres nicht mit Pergamentpapier verschlossen wurde. Das Glasrohr wurde unten mit Schweinsblase verbunden, um dasselbe jetzt gänzlich mit concentrirter Zuckerlösung anzufüllen und an seinem oberen Ende unmittelbar mit der Kautschukkappe zu verschliessen. Dieser Apparat glich also einem Dutrochet'schen Endosmometer. Beide Apparate, die künstliche Zelle und das Endosmometer, wurden gleichzeitig aufgestellt, und es sind mit Hülfe derselben unter anderem die folgenden Resultate erzielt worden [1]):

Versuch I [2]).

Dauer des Versuchs 44 Stunden. Temperatur 20—21 ° C.

Gewicht des äusseren Wassers vor dem Versuch.

1. [3])	2.
307.8 Grm.	307.8 Grm.

Gewicht der äusseren Flüssigkeit nach Abschluss des Versuchs.

1.	2.
288.0 Grm.	267.7 Grm.

Zucker in der äusseren Flüssigkeit.

1.	2.
18.45 Grm.	11.00 Grm.

Differenz zwischen der Wassermenge in dem äusseren Glase vor und nach dem Versuche.

1.	2.
38.25 Grm.	51.1 Grm.

1) Die einzelnen Theile der beiden Apparate, welche benutzt wurden, besassen möglichst gleiche Grösse. Besondere Sorgfalt wurde darauf verwendet, beide Apparate mit möglichst gleichartigen Membranstücken zu versehen.

2) 2.150 Grm. der zu diesen Versuchen dienenden Zuckerlösung enthielten 1.330 Grm. Zucker.

3) Unter 1 sind die Ergebnisse mitgetheilt, welche mit Hülfe der künstlichen Zelle, unter 2 aber diejenigen, die mit Hülfe des Endosmometers erhalten wurden.

Versuch II.

Dauer des Versuchs 44 Stunden. Temperatur 19° C.

Gewicht des äusseren Wassers vor dem Versuch.

1.	2.
307.8 Grm.	307.8 Grm.

Gewicht der äusseren Flüssigkeit nach Abschluss des Versuchs.

1.	2.
297.4 Grm.	261.5 Grm.

Zucker in der äusseren Flüssigkeit.

1.	2.
18.35 Grm.	8.20 Grm.

Differenz zwischen der Wassermenge in dem äusseren Glase vor und nach dem Versuche.

1.	2.
28.75 Grm.	54.5 Grm.[1])

Die mit Hülfe des Endosmometers gewonnenen Resultate, sind lediglich durch einen Diffusionsprocess hervorgerufen. Es drang Wasser durch die Schweinsblase in das kurze Glasrohr ein, und dafür wanderte eine gewisse Zuckermenge in entgegengesetzter Richtung durch die Membran, also in das Wasser hinein. In der künstlichen Zelle machte sich dagegen, wenn die endosmosischen Processe begonnen hatten, bald ein gewisser Druck geltend, und zwar geht aus den vorstehenden Angaben hervor, dass in Folge des Druckes sowohl durch das vegetabilische Pergament am oberen Theil der Zelle als auch durch die Schweinsblase am unteren Theile derselben Zuckerlösung hindurchgepresst worden ist. Die Thatsächlichkeit des ersteren Verhältnisses ergiebt sich aus dem Umstande, dass Zuckersaft aus dem Glasrohre, welches mit der Kautschukkappe in Verbindung stand, austrat. Dass der in der Zelle herrschende Druck factisch im Stande war, ebenfalls Zuckersaft durch die Schweinsblase hindurch und hinein in das äussere Wasser zu pressen, ergiebt die folgende Überlegung. Aus den vorstehenden Zahlen erkennen wir, dass aus dem äusseren Glase unter Anwendung des Endosmometers nach Abschluss der Versuche mehr Wasser verschwunden war als unter Benutzung der allseitig geschlossenen künstlichen Zelle. Ferner zeigen uns die Zahlen, dass die äussere Flüssigkeit, in welche das Endosmometer hineingeragt hatte, nach Abschluss der Versuche weniger Zucker enthielt als diejenige,

1) Aus den mit den Kautschukkappen der künstlichen Zelle und des Endosmometers in Verbindung stehenden Glasröhren trat bei der Ausführung beider Versuche Zuckersaft aus.

welche sich in Berührung mit dem unteren Theile der künstlichen Zelle befunden hatte. Es muss also die turgescirende künstliche Zelle durch die Schweinsblase Zuckerlösung hindurchgepresst haben.

Diese Erscheinung erklärt sich vollkommen, wenn wir bedenken, dass sich der Druck in Flüssigkeiten gleichmässig vertheilt, und dass seine Wirkungen sich dort geltend machen müssen, wo er noch im Stande ist, die Widerstände zu überwinden. Wäre der Widerstand der Schweinsblase dem Drucke in der Zelle gegenüber beträchtlich grösser als der Widerstand des vegetabilischen Pergaments gewesen, dann würde die künstliche Zelle den Zuckersaft lediglich nach oben hinausgepresst haben. Und in der That habe ich Derartiges beobachtet, nämlich dann, wenn ein Stück dicker Schweinsblase und ein Stück dünnen vegetabilischen Pergaments benutzt wurden. In diesem Falle war das Gewicht der äusseren Flüssigkeiten, mit denen sich das Endosmometer und die künstliche Zelle in Berührung befunden hatten, fast gleich. In anderen Fällen war das Gewicht der äusseren Flüssigkeit, in welche die künstliche Zelle hineingeragt hatte, nach Abschluss der Versuche nur wenig bedeutender (z. B. nur um 5.3 Grm.) als das Gewicht der Flüssigkeit, die sich mit dem Endosmometer in Berührung befunden hatte. Hier musste also der Widerstand der Schweinsblase dem Druck in der Zelle gegenüber ziemlich erheblich gewesen sein, aber nicht so bedeutend wie dort, wo der Zuckersaft lediglich nach oben hin aus der künstlichen Zelle hinausgepresst worden war. Ich habe endlich noch an einer durchaus normalen künstlichen Zelle beobachtet, dass der Zuckersaft, indem der Widerstand, den das Pergamentpapier dem Druck gegenüber geltend machte, sehr bedeutend war, lediglich durch die Schweinsblase austrat.

Die hier hervorgehobenen Momente erschienen mir nun von einigem Interesse für das Verständniss der Verhältnisse, wie sie sich beim Zustandekommen des Wurzeldrucks in der Pflanzenwurzel geltend machen. Man nimmt jetzt allgemein in der Physiologie an, dass die Wurzelzellen, wenn sie in Folge der Wasseraufnahme turgescirend geworden sind, den Saft lediglich in den Holzkörper hineinpressen, nicht aber ebenfalls nach aussen. Dieser Anschauung liegt die Voraussetzung zu Grunde, dass der eine Theil der Membran der aufnehmenden Wurzelzellen dem in diesen erzeugten Drucke einen weit bedeutenderen Widerstand als der andere Theil entgegensetzt. Und in der That wissen wir, dass die Aussenwände der Epidermiszellen der Wurzeln Verdickungen auf-

weisen. Indessen es folgt immer nur daraus, dass die Wurzelzellen den Saft möglicherweise lediglich nach innen und nicht nach aussen hin auspressen. Vielleicht wird von den Wurzelzellen der Saft sowohl in den Holzkörper hinein als auch nach aussen hin befördert. Allerdings wohl gewiss nach jener Richtung hin eine grössere Quantität als nach dieser.

Für die hier in Rede stehenden Verhältnisse ist es wichtig, dass, wenn Lösungen bestimmter Körper durch Membranen hindurchfiltrirt werden, die Molekularkräfte der letzteren sich in verschiedenartiger Weise auf das Lösungsmittel und den gelösten Stoff geltend machen. Schmidt[1]) giebt an, dass, wenn Flüssigkeiten durch thierische Membranen hindurchfiltrirt werden, die Filtrate stets eine geringere Concentration als die ursprünglichen Flüssigkeiten aufweisen. Hofmeister[2]) hat gezeigt, dass Ähnliches der Fall ist, wenn Flüssigkeiten durch vegetabilische Membranen filtrirt werden.

Wenn also in Folge des in turgescirenden Pflanzenzellen herrschenden Drucks Flüssigkeiten durch die Membranen hindurchfiltrirt werden, so verlieren die Zellen verhältnissmässig mehr Wasser als feste Substanz, und ein derartiges Verhältniss ist von Wichtigkeit, weil das Vorhandensein desselben dahin wirkt, den Pflanzenzellen die für das Zustandekommen der endosmotischen Processe unentbehrlichen Substanzen mehr und mehr zu erhalten. Überdies hat Sachs[3]) darauf hingewiesen, dass das Protoplasma der Zellen wohl ebenfalls dahin wirkt, den Elementarorganen der Wurzeln gewisse Stoffe zu erhalten, die für das Zustandekommen des Wurzeldrucks von Bedeutung sind. Die Flüssigkeiten, welche aus Pflanzenzellen ausgepresst werden, sind verdünnter als diejenigen, welche sich in den Zellen selbst befinden, und zwar gilt dies sowohl für die Lösungen, welche in den Holzkörper hineingepresst werden, als auch für diejenigen, welche eventuell aus den Wurzeln nach aussen hinaustrenten.

Dass die Wurzeln factisch Substanzen, die sich in ihren Zellen gelöst befinden, an das Medium, in dem sie sich entwickeln, abgeben können, muss als eine Thatsache zugestanden werden. W. Wolf[4]) cultivirte z. B. verschiedene Pflanzen in wässerigen Lösungen der Nährstoffe, nahm die Untersuchungsobjecte nach be-

1) Vgl. Schmidt, Poggend. Annal. Bd. 99, S. 37 und Bd. 114, S. 337.
2) Vgl. Hofmeister, Flora 1858, S. 9 und 1862, S. 142.
3) Vgl. Sachs, Handbuch d. Experimentalphysiologie. S. 206.
4) Vgl. W. Wolf, Versuchsstationen. Bd. VII S. 193.

stimmter Zeit aus den Lösungen heraus, spülte die Wurzeln mit Wasser ab und setzte die Pflanzen in destillirtes Wasser. Es zeigte sich nun, dass die Wurzeln an das Wasser Mineralstoffe abgaben. Ähnliche Beobachtungen hat Knop[1]) gemacht. Er bemerkt überdies, dass Pflanzenwurzeln relativ ansehnliche Eiweissmengen abzuscheiden vermögen. Auch aus Keimpflanzen treten Stoffe in das dieselben umgebende Wasser aus[2]). Die hier berührten Erscheinungen können, dies unterliegt keinem Zweifel, lediglich Folge rein endosmotischer Processe sein. Aber es muss zugestanden werden, dass dann, wenn die Wurzelzellen nicht nur Lösungen in den Holzkörper hineinpressen, sondern ebenfalls nach aussen hin befördern, mit dem Wasser gelöste Substanzen aus dem vegetabilischen Organismus in das Medium, in welchem die Wurzeln sich entwickeln, austreten können.

Es sei noch gestattet, hier schliesslich auf ein Verhältniss hinzuweisen, welches an diesem Orte passend berührt werden kann. Baranetzky[3]) hat nämlich beobachtet, dass, wenn man z. B. zwei gleichartig entwickelte Individuen von *Ricinus insignis* auf ihren Wurzeldruck untersucht und zwar dabei den Stengel der einen Pflanze dicht über dem Boden, denjenigen der anderen aber in beträchtlicher Höhe über demselben abschneidet, das letztere Exemplar mehr Saft als das erstere liefert. Somit soll der Stengel der untersuchten Pflanze sich bei dem Zustandekommen des Wurzeldrucks activ bethätigen. Dass dies in der That wenigstens bei manchen Pflanzen der Fall ist, dafür spricht eine Beobachtung von Sachs[4]). Es wurden junge Halmstücke von Gräsern mit ihrem unteren Ende in feuchten Sand gesteckt. Das freie Ende der Pflanzentheile schied nun wiederholt und dauernd im dunstgesättigten, finstern Raume Wassertropfen aus. Ich habe die Experimente Baranetzky's mit Exemplaren von *Ricinus insignis* mehrfach wiederholt, konnte aber bei den Arbeiten zu keinem bestimmten Resultate gelangen. Bald floss aus einem längeren Stammstumpfe mehr, bald weniger Saft aus als aus einem kürzeren einer anderen Pflanze, die gleichzeitig mit der ersteren untersucht wurde. Und wenn ich mir auch kein definitives Urtheil über die Angaben Baranetzky's erlauben will, vielmehr bemerkte, dass

1) Vgl. Knop, Kreislauf des Stoffes. Bd. I. S. 659.
2) Vgl. Knop, Ebendaselbst. Bd. II. S. 200.
3) Vgl. Baranetzky, Abhandl. d. naturf. Gesellsch. zu Halle. Bd. XIII. H. 1. S. 52.
4) Vgl. Sachs, Lehrbuch d. Botanik. 1874. S. 660.

seiner Schlussfolgerung, zumal unter Berücksichtigung der Resultate der angezogenen Beobachtungen von Sachs, sehr wohl beigestimmt werden kann, so ist doch zu betonen, dass derartige Untersuchungen, wie wir sie hier im Sinne haben, mit grossen Schwierigkeiten verbunden sind, und insbesondere deshalb, weil es nicht leicht ist, zwei gleichartig entwickelte Pflanzenindividuen zu finden.

III. Der Einfluss äusserer Verhältnisse auf den Saftausfluss.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Thätigkeit der Wurzel von äusseren Einflüssen mannigfach modificirt werden kann. Damit im Zusammenhange steht die Thatsache, dass schon manche Forscher beobachteten, wie ein und dieselbe Pflanze, wurde sie wechselnden äusseren Bedingungen ausgesetzt, verschienden grosse Saftquantitäten ausfliessen liess.

Vor allen Dingen ist es die Temperatur, welche einen sehr erheblichen Einfluss auf den Saftausfluss ausübt. Wenn wir von dem Grundgedanken ausgehen, dass sich an dem Zustandekommen des Wurzeldrucks osmotische Processe in erster Linie betheiligen, und wenn wir in Erwägung ziehen, dass derartige Vorgänge in hohem Grade von der Temperatur beeinflusst werden, so folgt daraus schon mit unabweisbarer Nothwendigkeit, dass eben die Temperatur von Bedeutung für den Verlauf des Saftausflusses sein muss. Das Experiment mit der künstlichen Zelle kann uns hier wieder die Verhältnisse sehr wohl veranschaulichen.

Ich habe zu dem Zweck verschiedene Versuchsreihen mit Hülfe des in dem vorigen Abschnitte beschriebenen Apparats ausgeführt. Statt des gebogenen Glasrohres wurde oben die Kautschukkappe mit einem längeren Steigrohre, welches an seinem unteren Ende mit einer feinen Marke versehen war, in Verbindung gebracht, so dass die Höhe, bis zu welcher der aus der Zelle ausgepresste Saft in der Röhre emporstieg, leicht mit Hülfe eines Millimetermassstabes bestimmt werden konnte. Um unter dem Einflusse wechselnder Temperatur zu arbeiten, war es nur nothwendig, bald wärmeres, bald kälteres Wasser in das äussere Glas, in welches die Zelle mit ihrem unteren Ende hineinragte, zu bringen. Die Angaben der Tabellen II und III zeigen deutlich, dass bei

höherer Temperatur mehr Saft aus der Zelle ausgeschieden wird als bei niederer[1]). Die Wurzeln werden sich bei einer Temperatursteigerung ganz analog verhalten; sie müssen ebenfalls, wenn die Temperatur des Bodens zunimmt, grössere Flüssigkeitsquantitäten als zuvor emporpressen.

Diesen Angaben scheinen auf dem ersten Blick die Resultate zu widersprechen, welche ich bei einigen Untersuchungen über den Saftausfluss aus im Frühjahr angebohrten Birken erhielt[2]). Zu diesem Zwecke dienten mir zwei Bäume, die im hiesigen botanischen Garten stehen. Die eine Birke (A) wurde am 7. April in einer Höhe von 31 Cm., woselbst der Stamm einen Umfang von 32 Cm. besitzt, angebohrt. Die zweite Birke (B) wurde dagegen am 13. April in einer Höhe von 41 Cm., woselbst der Stamm einen Umfang von 41 Cm. zeigt, angebohrt. In jedes Bohrloch (die Weite derselben betrug 7 Mm.) wurde der eine Schenkel eines gebogenen Glasrohres luftdicht eingekittet. Der andere Schenkel ragte in ein an seiner Mündung mit einem doppelt durchbohrten Kautschukkork verschlossenes und zum Auffangen des ausfliessenden Saftes dienendes Glasgefäss.

Die Resultate, welche an Birke A erhalten wurden, sind in Tabelle IV zusammengestellt[3]). Der Saftausfluss bei Birke A und B nahm im Allgemeinen mehr und mehr ab, und was zumal Erwähnung finden muss, ist dies, dass er vom 23. April ab überhaupt gänzlich aufhörte[4]). Übersehen darf ebenfalls nicht werden, dass der Saftausfluss beider Birken lediglich in der Nacht und am Morgen erfolgte. Mehrfach fand ich, dass der Saftausfluss am Abend um 11 Uhr noch nicht eingetreten war. Vormittags zwischen 9 und 12 Uhr hörte er, wenn er sich in der Nacht und am Morgen geltend gemacht hatte, wieder auf. Die hier hervorgehobenen Thatsachen scheinen also dem Satze, dass die Thätigkeit der Wurzeln durch höhere Temperatur beschleunigt werde, gerade-

---

1) Bei genauer Durchsicht der Zahlen findet man leicht, dass die Steigerung des Ausflusses nicht etwa lediglich durch die in Folge der höheren Temperatur herbeigeführte Ausdehnung des Zuckersaftes verursacht worden ist.

2) Leider habe ich nur wenige Beobachtungen ausführen können, da es mir nicht möglich war, mit denselben frühzeitig genug zu beginnen.

3) Was den Saftausfluss bei Birke B anbelangt, so sei darüber bemerkt, dass am 14. April 28 und am 18. April 48 Cc. Flüssigkeit austraten. Die erstere Saftquantität lieferte 0.0855, die letztere 0.073 Grm. absolut trockenen Rückstand.

4) Die Birken wurden bis zum 22. Juli beobachtet; dann wurden die Bohrlöcher verstopft.

zu zu widersprechen. Indessen wir werden später sehen, dass dieser Widerspruch nur ein scheinbarer ist; es gelingt auf anderem Wege sehr leicht, genaue Beziehungen zwischen der Intensität des Wurzeldrucks und der Temperatur aufzufinden. Weil zu diesen Beobachtungen dieselben Pflanzen benutzt wurden, welche ebenfalls zu den Untersuchungen über die Periodicität des Wurzeldrucks dienten, so sei es gestattet, hier sogleich die Art und Weise, in der die bezüglichen Arbeiten überhaupt ausgeführt wurden, etwas genauer zu beschreiben.

Es kam natürlich in erster Linie darauf an, die Pflanzen während der Beobachtungen in einem Raum von möglichst constanter Temperatur zu bringen. Dies ist unter Benutzung eines Apparats möglich, den ich bereits früher angewandt hatte, und der von Schenk unter Berücksichtigung der Einrichtung des von Sachs hergestellten, construirt worden ist. Da die Vorrichtung wenig bekannt zu sein scheint und in der That sehr gute Dienste leistet, so erlaube ich mir, hier etwas näher auf dieselbe einzugehen[1]). Der gesammte Apparat ist in Figur II der dieser Abhandlung angehängten lithographischen Tafel dargestellt. Den eigentlichen Thermoregulator stellt Figur III dar.

Auf einem Dreifuss von 20 Cm. Höhe steht ein aus Zinkblech gefertigtes Gefäss von 21 Cm. Höhe und 20 Cm. Durchmesser. Dieses Gefäss wird so weit mit Wasser angefüllt, dass die Flüssigkeit, wenn man in den ersten Zinkblechbehälter einen zweiten hineinsetzt, der etwas kleinere Dimensionen als jener besitzt und oben mit einem 3 Cm. breiten Rande versehen ist, zwischen den Wandungen der beiden Gefässe bis fast zum Rande emporreicht. Auf den ganzen Apparat wird eine Glasglocke gesetzt. Das äussere Zinkblechgefäss ist nun noch mit einem röhrenartigen Ansatze versehen, der dazu dient, den Thermoregulator aufzunehmen. Dieser ist nach dem Princip des Bunsen'schen Regulators construirt, unterscheidet sich aber von diesem wesentlich dadurch, dass er lediglich aus Glas gefertigt ist und somit zu sehr billigem Preise (60 Pf.) hergestellt werden kann. Der Thermoregulator besteht zunächst aus einem Probirgläschen, welches mit Quecksilber angefüllt ist. In dem durchbohrten Kork des Probirgläschens steckt ein 14 Cm. langes Glasrohr, an das am oberen Theile ein seitliches Rohr angeschmolzen ist. Im Innern des ersteren Rohres befindet sich überdies ein Glasrohr, welches an einer be-

3) Vgl. übrigens ebenfalls über den Apparat bei Tietz, Disseration, 1876.

stimmten Stelle mit einer sehr feinen Öffnung versehen ist. An seinem unteren Theile ist das innere Glasrohr schief abgeschnitten. Wenn man nun Gas aus der Leitung in den Regulator mit Hülfe eines Schlauchs eintreten lässt, und das Gas ferner vom Regulator bis zum eigenthümlich construirten Brenner leitet, so wird die Flamme nach dem Anzünden des Gases, wenn das innere und unten schief abgeschnittene Rohr des Regulators das Quecksilber nicht berührt, eine ziemliche Grösse besitzen. Wird die Öffnung des inneren Rohres mehr und mehr durch das Quecksilber verschlossen, indem man das in der Bohrung des Korks steckende Glasrohr tiefer schiebt, so muss die Gasflamme immer kleiner werden, und endlich kann nur durch die feine Öffnung am oberen Theile des inneren Rohres Gas zum Brennen gelangen, so dass die Flamme sehr klein wird. Denken wir uns den gesammten Apparat zusammengestellt und eine grosse Flamme unter dem Zinkblechgefässe angezündet. Das Metall und das Wasser werden erwärmt. In Folge dessen dehnt sich das Quecksilber im Regulator aus, und die Gasflamme muss somit kleiner werden. Jetzt zieht sich das Quecksilber in Folge der verminderten Wärmezufuhr wieder zusammen; die Gasflamme vergrössert sich, und das Spiel beginnt aufs Neue. Hat man den Regulator auf eine bestimmte Temperatur eingestellt, was unter Umständen mehrere Tage in Anspruch nimmt, so ist es mit Hülfe der beschriebenen Vorrichtung möglich, im Apparat eine fast absolut constante Temperatur während langer Zeit zu erhalten. Wünschenswerth ist es natürlich, den Apparat in einem Raum aufstellen zu können, in dem die Temperaturschwankungen an sich nicht bedeutend sind[1]).

Was das Untersuchungsmaterial anbelangt, so verwandte ich als solches theils Pflanzen, die bereits älter waren und sich im Treibhaus entwickelt hatten, theils aus Samen oder Knollen erzogene Pflanzen (*Cucurbita Pepo*, *C. Melopepo*, *Ricinus insignis*, *Helianthus tuberosus*). Die Samen wurden in grösserer Zahl in gute Gartenerde, die sich in einigen in einem Treibhause aufgestellten Töpfen befand, ausgesäet. Bald nach dem Auflaufen wurden die kräftigsten Pflanzen verpflanzt und im Warm- oder Kalthause weiter cultivirt. Die sich aus den in gute Gartenerde, die sich in Töpfen befand,

1) Ich stellte meine Beobachtungen in einem nach Norden gelegenen Zimmer an, und die Temperaturschwankungen im Apparat betrugen oft während langer Zeiträume nicht 0.5° C. Besonders zu betonen ist noch, dass die benutzten Brenner vorzüglich gute Dienste leisten. Man kann mit Hülfe derselben ungemein kleine Gasflammen herstellen.

eingesetzten *Halianthus*knollen entwickelnden Pflanzen wurden im Freien cultivirt. Sollte eine Pflanze nun untersucht werden, so wurde sie tüchtig begossen, um den Stamm dann in gewisser Höhe über der Erde abzuschneiden. Auf das Stammstück wurde mit Hülfe eines Kautschukrohres ein Glasrohr aufgesetzt, welches am unteren Theile mit einer Marke, die zum Ausgangspuncte bei den Messungen dienen sollte, versehen war. Nach dem Belegen der Oberfläche des Bodens und dem Umwickeln des Stammstücks mit Stanniol gelangte die Pflanze in den vorhin beschriebenen Apparat und musste hier längere Zeit verharren, bis die Bodentemperatur, welche stets mit Hülfe guter Thermometer bestimmt wurde, constant blieb. Dann erst begann der eigentliche Versuch. Es wurde die aus der Pflanze in das Glasrohr emporgepresste Flüssigkeit mit Hülfe eines fein ausgezogenen Glasrohres bis zur Marke abgenommen, und die Pflanze wieder in den Apparat gebracht, um nach bestimmter Zeit die Höhe der im Steigrohre vorhandenen Wassersäule mit Hülfe eines Millimetermassstabes zu bestimmen und die Flüssigkeit aufs Neue bis zur Marke zu entfernen [1]). Bei Gelegenheit jeder Messung wurde eine Beobachtung der Bodentemperatur vorgenommen [2]).

Die Angaben auf den Tabellen XIII, XV, XX u. s. w. zeigen sehr deutlich, wie erheblich der Einfluss der Temperatur auf die Grösse des Saftausflusses ist. Aber nur innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen entspricht einer beträchtlicheren Erwärmung des Bodens eine gesteigertere Saftausscheidung. Dies zeigen die Angaben auf den Tabellen VI—X unzweifelhaft. Die Beobachtungen, deren Resultate daselbst mitgetheilt sind, wurden unter Benutzung zweier Wärmeapparate angestellt. In die inneren Zinkblechgefässe gelangte Wasser, und in dieses wurden die Töpfe mit den Pflanzen gestellt [3]). Während die zu untersuchende Pflanze sich in

1) Das Abnehmen der Flüssigkeit ist nicht absolut nothwendig, denn ich habe mich mehrfach überzeugt, dass das Vorhandensein einer grösseren Wassersäule von keinem merklichen Einfluss auf die Quantität der austretenden Flüssigkeit ist. Trotzdem aber erfolgt die Entfernung des Saftes bis zur Marke nach jeder Beobachtung.

2) Es wurde stets die Temperatur der Bodenmassen bestimmt, die sich nahe der Wandung des Topfes befanden, weil sie insbesondere die thätigen Wurzeln in sich beherbergen.

3) Um die Bodentemperatur zwischen den einzelnen Versuchen möglichst schnell zu erhöhen, wurde die Erde mehrfach mit Wasser von bestimmter Temperatur begossen.

dem einen Apparat befand, erhöhte man die Temperatur des Wassers im zweiten Apparate bis zu einem bestimmten Grade, um das Untersuchungsobject nach Abschluss der einen Beobachtung der höheren Temperatur auszusetzen, und die ausfliessende Saftmenge, wenn der Boden die im Wasser herrschende Temperatur angenommen hatte, zu ermitteln. Es zeigte sich, dass für die untersuchten Pflanzen der bedeutsamste Saftausfluss etwa bei 25—27 ° C. erfolgte. Bei höherer Temperatur nahm der Saftausfluss ab. *Begonia incarnata* gab bei 31—32 ° C. keinen Saft mehr. Bei *Cucurbita Melopepo* hörte der Saftausfluss erst bei 43 ° C. auf. In allen Fällen war die Wurzelthätigkeit nach Abschluss der Versuche aber unmöglich geworden, denn die Pflanzen liessen, nachdem sie den höheren Temperaturen ausgesetzt gewesen waren, wurden sie mehrere Tage bei gewöhnlicher Zimmertemperatur sich selbst überlassen, keine Flüssigkeit mehr austreten [1]). Übrigens sei noch darauf hingewiesen, dass die gewonnenen Resultate zunächst nur Geltung haben für die untersuchten Pflanzenarten und für diese nur dann, wenn dieselben den bei der Ausführung unserer Beobachtungen innegehaltenen Bedingungen ausgesetzt werden. Es wäre z. B. denkbar, dass die Thätigkeit der Wurzeln von *C. Melopepo* gänzlich aufgehoben würde, wenn die Pflanzen vielleicht 8 oder 24 Stunden in einem Raum von 36 ° C. verweilten. Was die untere Temperaturgrenze für den Saftausfluss anbelangt, so konnte ich darüber bei bezüglichen Untersuchungen nicht zu bestimmten Resultaten gelangen. Ich fand allerdings, dass bei 7—9 ° C. der Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo* aufhörte (eine Beobachtungsreihe ist in Tabelle XI mitgetheilt), aber in einigen Fällen gaben die Pflanzen, wenn sie nach Abschluss des eigentlichen Versuchs längere Zeit in einem wärmeren Raume verweilten, noch Saft aus, in anderen geschah dies nicht. Weitere Beobachtungen müssen diese Verhältnisse aufklären.

Von weiteren äusseren Momenten, die auf den Saftausfluss influiren, ist hier der Wassergehalt des Bodens ins Auge zu fassen. Es zeigen schon die Angaben auf Tabelle IV, dass einem grösseren Wassergehalt des Bodens ein gesteigerterer Saftausfluss entspricht. Die Erscheinung, dass Birke A am 14. April eine verhältnissmässig grosse Flüssigkeitsquantität lieferte, ist darauf zu-

1) Es sei noch bemerkt, dass sich im Saftausflusse der Exemplare von *Cucurbita Melopepo*, die zu diesen Untersuchungen dienten, keine Periodicität geltend machte.

rückzuführen, dass der Boden, welcher die Birke unmittelbar umgab, am 12. April stark begossen worden war. Übrigens erkennen wir, dass der Saftausfluss aus der Birke am 18. und 23. April ebenfalls in Beziehung zu dem Regen steht, der an den Tagen vorher gefallen war[1]). Ebenfalls habe ich mehrfach bei Gelegenheit der Untersuchungen über den Saftausfluss bei *Cucurbita* und *Helianthus* gefunden, dass eine Wasserzufuhr zum Boden die Intensität des Saftausflusses steigert. Zu einem derartigen Resultate sind bereits andere Physiologen gelangt; nur Canstein[2]) sagt geradezu, dass der Saftausfluss der Rebe bei erhöhter Wasserzufuhr zum Boden (Regen) sinke. Diese Angabe verdankt dem Umstande, dass Canstein die im Freien befindlichen Reben auf ihren Saftausfluss untersuchte, ihre Entstehung. In der Natur wirken gleichzeitig viele Momente auf die Wurzelthätigkeit ein, und es ist dann selbstverständlich schwierig, die Bedeutung eines bestimmten Verhältnisses für dieselbe gehörig zu würdigen.

Endlich sei hier noch bemerkt, worauf ich bereits in meiner früheren Abhandlung über die Theorie der Wurzelkraft hingewiesen habe, dass ebenfalls die Concentration der Flüssigkeit, welche den Wurzeln zur Aufnahme zur Disposition steht, nicht ohne Einfluss auf den Saftausfluss sein wird. Einige Beobachtungen unter Anwendung der künstlichen Zelle, deren Resultate in Tabelle III mitgetheilt sind, zeigen dies deutlich. Wenn sich die untere Membran der Zelle mit einer Kochsalzlösung in Berührung befand, so nahm sie weniger Flüssigkeit auf, und es wurde in Folge dessen ebenfalls weniger Saft von Seiten der Zelle ausgepresst als dann, wenn die künstliche Zelle in destillirtes Wasser hineinragte; dass wirklich Chlornatrium durch die Zelle hindurch in das Steigrohr gelangte, liess sich leicht nachweisen. Das destillirte Wasser und der Zuckersaft an sich gaben mit Silbernitrat nur eine sehr schwache Chlorreaction; die Flüssigkeit aber, welche, wenn die untere Membran der Zelle sich mit Kochsalzlösung in Berührung befand, ausgepresst wurde, erwies sich reich an Chlor. Es ist nun zu bemerken, dass die Concentration der Bodenflüssigkeit entschieden gewissen Schwankungen unterworfen ist, und dieser

---

1) Es sei hier beiläufig bemerkt, dass der aus der Birke ausgeflossene Saft stets ganz wasserklar war und eine sehr schwach saure Reaction zeigte. Wurde er erwärmt oder längere Zeit (24 Stunden) hingestellt, so erfolgte eine Trübung der Flüssigkeit.

2) Vgl. Canstein, Annalen d. Oenologie. 1875. S. 522.

Umstand wird einen gewissen, wenn auch keinen erheblichen Einfluss auf den Saftausfluss ausüben müssen.

IV. Der allgemeine Gang des Saftausflusses.

Wenn man den Stamm einer Birke oder eines Ahorns im Frühjahr anbohrt, so fliesst aus der Pflanze eine erhebliche Saftmenge aus. Wiederholt man das Experiment im Sommer, so macht sich ein Saftausfluss nicht geltend. Die von mir untersuchten Birken lieferten gegen Ende April den letzten Saft; später floss kein Tropfen Flüssigkeit mehr aus den Bohrlöchern aus. Ebenfalls konnte ich an den Birken constatiren, dass der Saftausfluss nur in der Nacht oder am Morgen erfolgte. Gegen Mittag floss nicht nur kein Saft mehr aus den Bäumen aus, sondern es wurde im Gegentheil, wenn man die Glasröhren, welche in den Bohrungen angebracht waren, mit ihren freien Mündungen unter Wasser tauchte, Flüssigkeit von den Bäumen aufgesogen.

Die hier angeführten Thatsachen, auf die bereits hingewiesen wurde, stehen zu der Transpiration und der Wasserleitung im Holz der Pflanzen in der genauesten Beziehung. Bei Beginn des Versuchs mit Birke A begannen die Knospen des Baumes sich zu entfalten. Am 13. April war dieser Process abgeschlossen, und die kleinen Blätter hatten sich gänzlich ausgebreitet. Die transpirirende Oberfläche des Baumes wurde fortschreitend eine grössere, so dass die Wasserverdunstung mehr und mehr zunahm, und eine Ansammlung von Wasser in den Hohlräumen des Holzes nicht mehr erfolgen konnte. Ebenfalls erfolgte am Tage zur Zeit des Saftausflusses im Frühjahre eine bedeutendere Transpiration als in der Nacht oder am Morgen, und es wird sich höchtens nach dem Aufhören des Saftausflusses gegen Mittag eine gewisse Flüssigkeitsmenge in den unteren Partien der Wurzelstöcke der Birken angesammelt haben [1]. Wenn die Bäume energisch transpiriren, so bewegt sich die Flüssigkeit im Holzkörper der Pflanzen fast lediglich oder gar ausschliesslich in Folge der durch die Wasserverdunstung eingeleiteten Imbibi-

---

1) Dasselbe kann, wie wohl behauptet werden darf, zu regnerischen Zeiten im Sommer, wenn die Transpiration der Pflanzen nur gering ist, geschehen.

tionsprocesse. Schneidet man den Stamm niedriger Holzpflanzen oder den Stengel krautartiger Gewächse dicht über dem Boden ab, so fliesst aus dem Querschnitt ebenfalls nicht immer sofort Saft aus, vielmehr kann man oft die Beobachtung machen, dass der Wurzelstock im Stande ist, Wasser, welches man mit der Schnittfläche in Berührung bringt, aufzusaugen. Meine Beobachtungen (vgl. die Tabellen XII und XIV) zeigen, dass dies letztere der Fall ist, wenn die Pflanzen vor dem Versuch stark transpirirt hatten [1]). Dagegen habe ich oft, wenn nämlich die Pflanzen, bevor sie zur Untersuchung gelangten, in einem sehr wasserdampfreichen Raume verweilt hatten, bemerkt, dass der Saftausfluss sofort nach dem Durchschneiden des Stammes begann. Der Versuch mit *Begonia incarnata*, dessen Resultate auf Tabelle XII mitgetheilt sind, zeigt dies besonders deutlich.

Überblicken wir diese Angaben, so müssen wir zu dem Resultate gelangen, dass sich der Wurzeldruck nur im Frühjahr und sonst zu Zeiten sehr geringer Transpiration in hervorragendem Grade geltend macht. Wir können ferner getrost behaupten, dass unter gewissen Umständen, wenn nämlich die Wasserverdunstung sehr lebhaft erfolgt, in der Pflanze überhaupt gar kein Wurzeldruck herrscht, und zwar hat eine derartige Annahme um so mehr eine Berechtigung, als Hugo de Vries [2]) gezeigt hat, dass die Wassermenge, welche von dem Gipfeltheil einer Pflanze, wenn man denselben in Wasser stellt, durch Saugung in bestimmter Zeit aufgenommen wird, stets grösser ist als diejenige Flüssigkeitsquantität, welche der Wurzelstock derselben Pflanze in derselben Zeit ausscheidet.

Es sei hier noch bemerkt, dass die Erscheinung, dass nämlich aus den Birken lediglich zur Zeit der Nacht und am Morgen Saft ausfloss, während dies in den späteren Tagesstunden nicht mehr der Fall war, nicht nur in den bereits angeführten Verhältnissen ihre Erklärung findet. Nicht nur die stärkere Transpiration wirkt dahin, die Quantität des in den Hohlräumen des Holzes vorhandenen Wassers zu vermindern, sondern ebenfalls wirkt der Umstand, dass die Imbibitionsprocesse bei höherer Temperatur energischer und schneller als bei niederer Temperatur verlaufen, in demselben Sinne. Ich habe mich von der Thatsächlichkeit dieses

1) Dasselbe beobachtete Sachs (vgl. dessen Lehrbuch d. Botanik. 1874. S. 654).

2) Vgl. H. de Vries, Arbeiten d. botanischen Instituts in Würzburg. H. III. S. 288.

Verhältnisses durch die Ausführung verschiedener Experimente überzeugt.

Versuch I.

1) 20 Samen von ***Triticum vulgare*** verweilte längere Zeit in Wasser von 16° C.

2) 20 Samen von ***Triticum*** verweilten längere Zeit in Wasser von 7.5° C.

Ursprüngliches Gewicht der Samen von	1)	1.0325 Grm.			
	2)	1.0340 „			
Gewicht d. Samen nach 2 Stunden [1]	1)	1.1275 „	Von d. Samen aufgenommene Wassermenge	1)	0.0950 Grm.
	2)	1.0885 „		2)	0.0545 „
Gewicht d. Samen nach ferneren 4 Stunden	1)	1.2535 „	„ „	1)	0.1260 „
	2)	1.1555 „		2)	0.0670 „
Gewicht d. Samen nach ferneren 3 Stunden	1)	1.3895 „	„ „	1)	0.1360 „
	2)	1.2255 „		2)	0.0700 „

Versuch II.

1) Eine 79 Mm. lange, 31 Mm. breite und 4.5 Mm. dicke Holzplatte von ***Pinus sylvestris*** blieb einige Zeit lang mit Wasser von 18° C. in Berührung.

2) Eine gleich grosse Holzplatte blieb mit Wasser von 8° C. in Berührung.

Gewicht des ursprünglichen Holzes	1)	4.578 Grm.			
	2)	4.688 „			
Gewicht d. Holzes nach 2 Stunden	1)	6.257 „	Aufgenommene Wassermenge	1)	1.569 Grm.
	2)	5.967 „		2)	1.279 „

Versuch III.

1) Ein Würfel des Holzes von ***Betula alba*** mit 37 Mm. langen Seiten blieb mit Wasser von 20—22° C. in Berührung.

2) Ein gleicher Würfel blieb mit Wasser von 15.5—16.0° C. in Berührung.

Gewicht des Holzes	1)	34.24 Grm.			
	2)	34.73 „			
Gewicht d. Holzes nach 26 Stunden	1)	48.50 „	Aufgenommene Wassermenge	1)	14.26 Grm.
	2)	45.82 „		2)	11.09 „

Würfel 1 gelangte jetzt in das kühlere Wasser, Würfel 2 aber in dasjenige von höherer Temperatur.

Gewicht d. Holzes nach 24 Stunden	1)	51.25 Grm.	Aufgenommene Wassermenge	1)	2.75 Grm.
	2)	50.27 „		2)	4.45 „

Versuch IV.

1) Ein Würfel des Holzes von ***Betula alba*** mit 17 Mm. langen Seiten gelangte in Wasser von 22—24° C.

2) Ein gleicher Würfel gelangte in Wasser von 16° C.

Gewicht des Holzes	1)	3.967 Grm.			
	2)	4.034 „			
Gewicht d. Holzes nach 26 Stunden	1)	5.933 „	Aufgenommene Wassermenge	1)	1.966 Grm.
	2)	5.665 „		2)	1.631 „

---

1) Die Untersuchungsobjecte sind stets, nachdem sie sich mit Wasser in Berührung befunden hatten, sorgfältig abgetrocknet worden.

Wenn also am Tage die Transpiration zunimmt, und ferner die Imbibitionsprocesse im Holz ebenfalls schon an sich in Folge der höheren Temperatur energischer als in der Nacht verlaufen, so wirken diese beiden Momente gemeinsam dahin, die Qualität des im Holz in der Nacht und am Morgen vorhandenen Communicationswassers zu vermindern oder gar ganz zum Verschwinden zu bringen.

Was nun den allgemeinen Gang des Saftausflusses anbelangt, wie er sich von Beginn der Untersuchungen mit einer Pflanze bis zum Abschluss der Beobachtungen geltend macht, so hat Hofmeister[1]) hervorgehoben, dass nach dem Abschneiden der Pflanze und dem Aufsetzen eines Steigrohres auf den Stumpf der Saftausfluss allmählich steige, ein Maximum erreiche, um dann wieder zu fallen. Hofmeister[2]) sagt: „Nur sehr selten wird ein stetiges Sinken von Beginn des Versuches an beobachtet."

Ich habe diesen Satz durch meine Beobachtungen nicht bestätigt gefunden. Vielmehr fand ich, dass meistens der Saftausfluss von Beginn der Versuche an sank, und zwar erfolgte das Sinken häufig schnell, in anderen Fällen langsam. Es ist eigenthümlich und wohl zu berücksichtigen, dass bei den Pflanzen, welche in einem Raum von hoher Temperatur und bedeutendem Feuchtigkeitsgehalte der Luft erzogen waren, die erstere Erscheinung auftrat, während dagegen das Sinken des Saftausflusses bei den Untersuchungsobjecten, die im Freien oder im Kalthause cultivirt worden waren, nur langsam statthatte. Nur dann, wenn die Pflanzen vor Beginn der Versuche stark transpirirt hatten, verlief der Saftausfluss in der Weise, wie Hofmeister es angiebt; es erfolgte zunächst häufig ein Einsaugen des Wassers, dann stieg der Saftausfluss nach und nach, um schliesslich wieder abzunehmen[3]).

Was die bereits von Hofmeister[4]) und Baranetzky[5]) beobachtete Gasausscheidung aus solchen Pflanzen anbetrifft, die zu Beobachtungen über den Wurzeldruck dienen, so ist zu bemerken, dass ich dieselbe ebenfalls constatiren konnte. Nach Hofmeister erfolgt sie erst nach mehreren Tagen des Ver-

---

1) Vgl. Hofmeister, Flora. 1862. S. 105.

2) Vgl. Hofmeister, Ebendaselbst. S. 106.

3) Vgl. auch über diese Verhältnisse bei Baranetzky, Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. zu Halle. Bd. XIII. H. 1. S. 30.

4) Vgl. Hofmeister, Flora. 1862. S. 108.

5) Vgl. Baranetzky, Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. zu Halle. Bd. XIII. H. 1. S. 29.

suchs, dagegen fand Baranetzky, was ich vollkommen bestätigen kann, dass das Auftreten von Luftblasen zuweilen bereits 24 Stunden nach Beginn des Versuchs erfolgt. Zumal bei manchen Individuen von *Cucurbita Melopepo* war die Gasentwickelung eine sehr lebhafte, und es zeigte sich dann nach Abschluss des Versuchs, dass die Rindentheile der Stengel unter den Kautschukschläuchen in Verwesung begriffen waren und eine bräunliche Farbe angenommen hatten. Bei manchen Pflanzen, z. B. *Helianthus*, *Prunus* u. s. w., erfolgte niemals eine Ausscheidung von Luftblasen.

V. Die Periodicität des Saftausflusses.

Wenn man an Pflanzen, die möglichst constant bleibenden äusseren Bedingungen ausgesetzt sind, den Saftausfluss genauer studirt, so findet man, dass derselbe häufig eine eigenthümliche Periodicität zeigt. Dieselbe ist von Hofmeister entdeckt worden, und dieser Forscher spricht sich über die berührte Erscheinung wie folgt aus[1]):

„Wenn der Stand des Quecksilbers im Manometer die Höhe erreicht hat, welche die wirkliche Spannung des Saftes der Versuchspflanze anzeigt, so tritt in den Schwankungen der Quecksilbersäule die tägliche Periodicität des Saftdrucks deutlich hervor. Das Quecksilber steigt vom Morgen an bis zu den frühen Nachmittagsstunden, zeigt dann öfters ein mässiges Sinken, Abends nochmals ein Steigen, während der Nacht ein neues Sinken. Häufig tritt jedoch das nachmittägige Sinken der Quecksilbersäule nicht hervor, sie steigt stetig bis zum Abend und fällt nur während der Nacht."

In meiner ersten Abhandlung über den Wurzeldruck habe ich Beobachtungen mitgetheilt, welche die Angabe Hofmeister's im Wesentlichen bestätigen. Ebenfalls durch die Untersuchungen Baranetzky's[2]) ist das Vorhandensein der Periodicität des Wurzeldrucks aufs Neue nachgewiesen worden. Es leuchtet ein, dass

1) Vgl. Hofmeister, Flora. 1862. S. 114.

2) Vgl. Baranetzky, Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. zu Halle. Bd. XIII. H. 1. S. 36. Die Angaben von Baranetzky, welche wir noch weiterhin mittheilen, befinden sich ebenfalls in dieser Abhandlung, weshalb wir dieselben nicht wieder speciell citiren.

wir es hier mit einer höchst merkwürdigen Erscheinung zu thun haben, denn die der Untersuchung unterzogenen Pflanzen scheiden im Laufe von 24 Stunden, wenn die äusseren Verhältnisse, unter denen sie sich befinden, auch vollkommen dieselben bleiben, dennoch bald mehr, bald weniger Saft aus.

Baranetzky stellte seine Untersuchungen über den Saftausfluss mit Hülfe von Apparaten an, welche ihm gestatteten, die Arbeiten ebenfalls während der Nacht ungestört fortzusetzen. Mir standen leider derartige Apparate, wie Baranetzky sie benutzte, nicht zur Disposition, und es erwuchsen daraus für mich mancherlei Schwierigkeiten. Indessen lassen die von mir gewonnenen Zahlen dennoch die wichtigsten Verhältnisse, um die es sich hier handelt, klar hervortreten. Was zunächst die Thatsachen anbelangt, die sich aus meinen Untersuchungen ergaben, so ist über dieselben das Folgende zu bemerken:

Die Tabellen XIII—XIX lassen deutlich erkennen, dass der Saftausfluss eine von der Temperatur und den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens durchaus unabhängige Periodicität besitzt, und zwar ist die Thatsächlichkeit dieses Verhältnisses an verschiedenen Pflanzen constatirt worden. Die Maxima fallen bei ein und derselben Pflanzenart constant auf dieselben Stunden[1]). Bei verschiedenen Pflanzenspecies sind die Zeiten der Maxima aber nicht dieselben. Bei *Prunus* z. B. tritt das Maximum entschieden erst später als bei *Cucurbita* und *Helianthus* auf. Diese letzteren Pflanzen lieferten in den ersten Stunden des Nachmittags die grösste Saftmenge, während bei *Prunus* das Maximum des Saftausflusses erst gegen Abend eintrat. Über die Zeiten der Minima des Saftausflusses lassen unsere Zahlen wenig erkennen. Ich habe die Untersuchungsobjecte oft während der Nacht beobachtet, indessen da dies doch nicht stets geschehen konnte, gelang es nicht, das in Frage stehende Verhältniss ganz sicher zu entscheiden. Soviel ist aber bestimmt aus den Tabellen ersichtlich, dass die Minima des Saftausflusses sich während der frühen Morgenstunden geltend machen. Eigenthümlich erscheinen die Angaben auf Tabelle XIX. Wir werden weiter unten genauer auf dieselben einzugehen haben und bemerken hier nur, dass die gewonnenen Zahlen klar erkennen lassen, wie unter Umständen Individuen derselben Pflanzenart die

1) Dies ist aber, wie weiter unten ausführlicher gezeigt werden soll, nur dann der Fall, wenn sich die Pflanzen vor der Untersuchung unter gleichartigen äusseren Verhältnissen entwickelten.

Maxima des Saftausflusses zu verschiedenen Tageszeiten hervortreten lassen. Das Minimum des Saftausflusses wird, wie die Angaben auf Tabelle XIX ebenfalls klar zeigen, wenn das Maximum eine Verschiebung erleidet, desgleichen verrückt. Zu bemerken bleibt noch, dass ich niemals das Auftreten eines secundären Maximums an den Pflanzen, die überhaupt eine Periodicität des Saftausflusses zeigten, nachweisen konnte. Wenn Hofmeister ein secundäres Maximum zuweilen beobachtete, so lag dies wohl darin, dass er nicht im Stande war, die Temperatur, welcher die Pflanzen sich ausgesetzt befanden, so gut zu reguliren, wie mir dies möglich war.

Es ist nun aber höchst interessant, dass Pflanzen, die unter bestimmten Umständen eine Periodicität des Saftausflusses zeigen, zu Zeiten keine Periodicität des Wurzeldrucks erkennen lassen.

Ich habe bereits in meiner ersten Abhandlung über den Wurzeldruck angegeben, dass junge Pflanzen keine Periodicität des Saftausflusses zeigen, während dies bei älteren der Fall ist. Meine früheren Beobachtungen, die sich auf dieses Verhältniss bezogen, wurden an *Prostranthera nivea* ausgeführt. Baranetzky hat meine Angaben bestätigen können, und ich hatte ebenfalls neuerdings Gelegenheit, mich von der Richtigkeit derselben zu überzeugen. Die auf Tabelle XXIII zusammengestellten Resultate wurden an einem sehr jungen Exemplar von *Cucurbita Melopepo* gewonnen. Die Pflanze war in demselben Raume cultivirt worden, wie diejenigen Untersuchungsobjecte, an denen die auf den Tabellen XVI—XIX zusammengestellten Ergebnisse gewonnen wurden. Diese letzteren Pflanzen waren aber älter als jene, und es trat an ihnen die Periodicität des Saftausflusses deutlich hervor.

Ich habe in meiner ersten Abhandlung über den Wurzeldruck die Ansicht ausgesprochen, dass die Periodicität des Saftausflusses lediglich an Pflanzen mit verholztem Stengel zu beobachten sei, und dass man die eigenthümliche Erscheinung nicht an krautartigen Gewächsen constatiren könne. Diese Ansicht entspricht aber, wie Baranetzky's Arbeiten und ebenfalls meine neueren Untersuchungen evident zeigen, nicht dem wahren Sachverhalt; indessen es ist mir jetzt vollkommen klar, wie ich zu jener Anschauung gelangen konnte. Es giebt nämlich, wie fest steht, gewisse Pflanzen, bei denen die Periodicität sich erst in einem verhältnissmässig hohen Alter geltend macht. Ich habe nun früher zufälligerweise gerade derartige krautartige Pflanzen untersucht und gelangte so zu der erwähnten Schlussfolgerung. Die Zahlen auf Tabelle XX lassen übrigens erkennen, dass ein Exemplar von *Alloplectus speciosus*,

welches doch mindestens bereits ein Jahr alt sein mochte, noch keine Periodicität des Saftausflusses zeigte[1]).

Baranetzky hat bemerkt, dass etiolirte Pflanzen keine Periodicität des Saftausflusses zeigen. Ich kann diese Angaben auf Grund einiger Beobachtungen an *Helianthus tuberosus* bestätigen. Es wurden Knollen dieser Pflanzen ausgelegt, und die daraus erwachsenen Untersuchungsobjecte entwickelten sich theils unter einem grossen Kasten, theils bei Zutritt des Lichtes. Die sämmtlichen Töpfe, welche zur Aufnahme der Knollen dienten, waren im Freien neben einander in den Boden eingesetzt[2]). Die normalen *Helianthus*pflanzen zeigten stets eine sehr schön ausgeprägte Periodicität in ihrem Saftausfluss. Als etiolirte Pflanzen, welche so alt wie die Pflanze waren, an der die auf Tabelle XV mitgetheilten Resultate gewonnen wurden, zur Untersuchung gelangten, zeigte sich, dass bei ihnen die Periodicität nicht vorhanden war. Ich habe 6 etiolirte *Helianthus*pflanzen auf ihren Saftausfluss untersucht; indessen waren die Flüssigkeitsmengen, die aus den Stengelquerschnitten in das Steigrohr eintraten, stets sehr gering, und wir gehen nicht weiter auf die beobachteten Erscheinungen ein.

Höchst eigenthümlich ist es nun ferner, dass die Pflanzen, an denen die auf den Tabellen XXI—XXV zusammengestellten Resultate gewonnen wurden, gar keine Periodicität des Saftausflusses zeigten. Diese Pflanzen wurden der Untersuchung erst in einem Alter unterzogen, in welchem andere Exemplare derselben Species die Periodicität im Saftausfluss ganz klar hervortreten liessen. Dagegen ist zu bemerken, dass die Untersuchungsobjecte, bei denen eine Periodicität nicht zu Stande kam, sich im Warmhause und zwar vor den nach Norden gelegenen Fenstern desselben entwickelt hatten, während die Pflanzen, an denen die Periodicität des Saftausflusses constatirt werden konnte, anderen Vegetationsbedingungen ausgesetzt gewesen waren. Sie standen nämlich während ihrer Vegetation vor dem stets offen gehaltenen und fast genau nach Süden gelegenen Fenster des nicht heizbaren Raumes eines Treibhauses.

---

1) Das Nichtvorhandensein der Periodicität bei dieser Pflanze lässt sich, wie weiter unten bemerkt werden soll, vielleicht auch auf andere Ursachen zurückführen.

2) Es möge hier die Bemerkung Platz finden, dass die Blätter der etiolirten *Helianthus*pflanzen jene Umrollungen, auf die Kraus (vgl. Pringsheim's Jahrbücher, Bd. VII, S. 231) schon hinweist, sehr schön zur Schau trugen.

Versuchen wir nunmehr, uns eine Vorstellung über die Ursachen der hier hervorgehobenen wunderbaren Erscheinungen zu bilden [1]). Zunächst legen wir uns die Frage vor, wesshalb die Periodicität des Saftausflusses sich erst allmählich mit dem Alter der Pflanzen entwickelt.

Ich habe bereits in meiner ersten Abhandlung über den Wurzeldruck darauf hingewiesen, dass mir für diese Erscheinung eine richtige Würdigung der Thatsache, dass junge Pflanzentheile nur Längsspannung besitzen, während dann später die Querspannung an ihre Stelle tritt, von grosser Bedeutung erscheint [2]). Zumal haben die eingehenden Studien, welche Kraus [3]) über die Gewebespannung anstellte, gelehrt, dass das Holz in jungen Internodien im Allgemeinen die geringste Spannung besitzt [4]). Das Mark ist stark activ, die Epidermis stark passiv gespannt, und das Holz zeigt oft nach dem Isoliren die Länge des gesammten Pflanzentheils oder eine etwas geringere. Wenn das letztere Verhältniss sich geltend macht, befand sich das Holz also im Zusammenhange mit den übrigen Geweben im Zustande passiver Spannung; dieselbe ist aber in der Regel weit geringer als diejenige der Epidermis. Das Holz wird somit im unverletzten Internodium von dem Mark energisch in die Länge gezerrt, von den peripherischen Geweben aber comprimirt. Kraus hat nun in seiner bereits citirten Abhandlung nachgewiesen, dass die Intensität der Längsspannung in einer Pflanze nicht zu allen Tageszeiten dieselbe ist, sondern dass sie eine Periodicität zeigt, derartig nämlich, dass sich am Tage das Spannungsminimum, zur Zeit der Nacht aber das Spannungsmaximum geltend macht. Man könnte nun glauben, dass diese Periodicität der Längsspannung eine Periodicität im Saftausflusse herbeiführen müsste; indessen mir scheint, dass dies nicht der Fall sein kann. Zur Zeit des Spannungsmaximums wird das Holz mit einer gewissen Kraft vom Mark gedehnt und von den peripherischen Geweben zusammengepresst. Zur Zeit des Spannungs-

---

1) Es sei bemerkt, dass es sich hier nur darum handeln kann, gewisse allgemeine Gesichtspunkte geltend zu machen, denn es fehlt noch durchaus an den erforderlichen Vorarbeiten, um die Erscheinungen, welche der Saftausfluss bei den verschiedenen Pflanzenarten zeigt, im Einzelnen zu erklären.

2) Vgl. auch meine Bemerkungen im Centralblatt für Agriculturchemie. Bd. V S. 438.

3) Vgl. Kraus (Botan. Zeitung, 1867, N. 14 u. s. w.).

4) Vgl. ebenfalls die Angaben von Sachs über die Gewebespannung in dessen Lehrbuche der Botanik. 1874. S. 768.

minimums wird das Holz weniger stark vom Mark als zur Zeit des Spannungsmaximums gedehnt, aber gleichzeitig von den peripherischen Geweben nicht mit der Intensität wie zur Zeit des Spannungsmaximums zusammengepresst. Die hier berührten Verhältnisse der Längsspannung sind entschieden von Einfluss auf den Durchmesser, auf die Weite der saftführenden Gefässe des Holzes und somit auf die Grösse des Widerstandes, der sich den im Holzkörper bewegenden Flüssigkeiten entgegenstellt. Aber dies ist das Wichtige, dass dann, wenn das Mark die Elemente des Holzes am energischsten zu verengern strebt, die peripherischen Gewebe am kräftigsten im entgegengesetzten Sinne wirken, und dass dann, wenn das Mark eine geringere Zerrung auf das Holz ausübt, die Hautgewebe eine verminderte Compression des Holzes bewirken. Somit behalten die saftführenden Gefässe stets denselben oder nahezu denselben Durchmesser, und es stellen sich dem Safte immer gleiche Widerstände entgegen. Daher das Fehlen der Periodicität des Saftausflusses bei Pflanzen, in denen lediglich Längsspannung herrscht [1]). Wenn sich mit dem zunehmenden Alter der Gewächse die Querspannung einstellt, so ist in diesem Verhältnisse entschieden ein Moment zum Zustandekommen der Periodicität des Saftausflusses gegeben. Wenn sich in der Nacht oder gegen Morgen das Maximum der Querspannung geltend macht, so werden die saftführenden Gefässe sehr energisch von dem peripherischen Gewebe comprimirt, und die Flüssigkeitsbewegung in der Pflanze muss dadurch eine Beeinträchtigung erfahren. Zur Zeit des Spannungsminimums dagegen wird die erheblichste Saftmenge das Holz passiren können [2]).

Wenn wir nun aber die Überzeugung gewonnen haben, dass

1) Die Thatsache, welche bereits von Sachs (vgl. dessen Lehrbuch der Botanik, 1874, S. 773) und mir (vgl. Centralblatt f. Agriculturchemie, Bd. V, S. 438) hervorgehoben worden ist, dass die Längsspannung selbst im Stande ist, eine Querspannung in den Pflanzen zu erzeugen, steht wohl mit der anderen Thatsache in Beziehung, dass der Saftausfluss solcher Pflanzen, die noch keine normal ausgebildete Periodicität des Flüssigkeitsaustritts zeigen, dennoch häufig am Tage im Ganzen bedeutender als zur Zeit der Nacht ist. Selbstverständlich ist hier stets die Rede von den Erscheinungen, die sich an Pflanzen, welche constant denselben äusseren Bedingungen ausgesetzt sind, geltend machen.

2) Es ist wichtig, dass sich die Querspannung bereits an Pflanzen zeigt, welche noch kein Periderm besitzen. Vgl. Kraus, botan. Zeitg. 1867, Beilage, S. 10. Die angedeutete Erscheinung tritt z. B. bei *Helianthus tuberosus* auf, einer Pflanze, welche ebenfalls bereits frühzeitig eine Periodicität des Saftausflusses erkennen lässt.

die Periodicität der Gewebespannung und die Periodicität des Saftausflusses in der innigsten Beziehung zu einander stehen, so erscheint es möglich, weitere Anschauungen über die eigentlichen Grundursachen der Periodicität des Saftausflusses überhaupt geltend zu machen. Wir gehen hierbei von der Voraussetzung aus, dass Wachsthum und Gewebespannung der Pflanzen Verhältnisse sind, die in der innigsten Beziehung zu einander stehen, und dass äussere Einflüsse, die auf das Wachsthum einwirken, eben deshalb von grosser Bedeutung für die Gewebespannung sind [1]). Sonach erscheint es geboten, die Existenz der bereits berührten Periodicität der Gewebespannung auf das Vorhandensein der von Sachs [2]) nachgewiesenen täglichen Periodicität des Wachsthums zurückzuführen [3]). Danach stände also die Periodicität des Saftausflusses in Beziehung zur Periodicität des Wachsthums, und es handelte sich darum, die Ursachen der letzteren aufzufinden.

Bei dem heutigen Stande der Wachsthumsphysiologie können wir sagen, dass das Wachsthum erst dann erfolgen kann, wenn in den Zellen Imbibitionsprocesse stattgefunden haben, und wenn die Zellen sich im Zustande der Turgescenz befinden. Die Spannung, welche alsdann zwischen dem Zellinhalte und der Zellmembran zur Geltung kommt, führt dahin, dass neue feste Partikelchen in die letztere eingelagert werden. Wir müssen aber ferner betonen, dass bei sinkendem Turgor der Zellen das Wachsthum deprimirt wird, und dass ein erhöhter Turgor ebenfalls ein intensiveres Wachsthum zur Folge hat. Nun wissen wir, dass im Allgemeinen zur Zeit der Nacht das intensivste, am Tage aber das schwächste Wachsthum erfolgt, und wir wissen auf der anderen Seite, dass die Transpiration der Pflanzen, also ein Verhältniss, welches von dem bedeutsamsten Einflusse auf den Turgor der Zellen ist, in der Nacht im Allgemeinen ihr Minimum, am Tage aber ihr Maximum erreicht. Diese letztere Erscheinung ist leicht begreiflich, wenn wir uns daran erinnern, dass die Luft am Tage eine höhere

---

1) Vgl. Sachs, Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg. H. II. S. 168.

2) Vgl. Sachs Ebendaselbst. S. 165.

3) Es ist hier mit allem Nachdruck hervorzuheben, dass, wie Sachs (vgl. dessen Lehrbuch der Botanik, 1874, S. 779) richtig bemerkt, der periodische Wechsel im Gehalt des Holzes an Imbibitionswasser an sich von grösserem Einfluss als das Wachsthum auf die Periodicität der Querspannung ist. Die Beziehungen zwischen den Imbibitionsprocessen und der Querspaunung sind aber verhältnissmässig leicht zu übersehen, und wir gehen hier deshalb nicht genauer auf dieselben ein.

Temperatur als in der Nacht besitzt, dass ferner der relative Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre am Tage geringer als zur Zeit der Nacht ist, und dass endlich am Tage das Licht auf die transpirirenden Pflanzentheile einwirkt.

Ich kann die Angaben von Baranetzky[1]), dass das Licht als solches von Einfluss auf die Transpiration ist, durchaus bestätigen[2]). Die Resultate meiner bezüglichen Beobachtungen sind auf den Tabellen XXVI—XXX zusammengestellt. Die *Cucurbita*pflanze wurde, in einer guten Gartenerde wurzelnd, in einem Glasgefässe cultivirt, dessen Rand abgeschliffen war. Einige Zeit vor Beginn der Transpirationsversuche wurde der Rand des Glasgefässes mit Talg eingerieben, um den Boden in dem Gefässe nun mit Hülfe einer in der Mitte durchschnittenen Glasplatte, die mehrere Öffnungen besass, von der Luft abzuschliessen. Die eine Öffnung wurde durch den Stengel der Versuchspflanze verschlossen; die zweite diente zur Aufnahme eines Thermometers, der dazu benutzt wurde, die Bodentemperatur, welche sich übrigens, wie hier gleich bemerkt werden möge, während der Dauer eines Transpirationsversuchs nicht veränderte, zu bestimmen. Die *Aesculus*zweige wurden, unmittelbar nachdem sie vom Baume abgeschnitten waren, was stets einige Stunden vor Beginn der Transpirationsversuche geschah, in ein Wasser enthaltendes Gefäss, welches durch einen durchbohrten Glasstöpsel verschlossen werden konnte, gestellt, um die Bohrung nun gehörig mit Watte zu verstopfen. Die sämmtlichen Transpirationsversuche wurden am Nachmittag und zwar in einem grossen Zimmer, in das zu dieser Zeit kein directes Sonnenlicht eintrat, ausgeführt. Die Resultate auf Tabelle XXVI habe ich gewonnen, indem das Gefäss mit der Pflanze bald unter einen grossen Pappkasten gestellt, bald dem Einfluss des Lichts ausgesetzt wurde. Indessen da die Temperatur und der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft unter dem Kasten sich anders wie der Wärme- und Feuchtigkeitszustand der Luft ausserhalb des Kastens gestalteten, sind alle ferneren Beobachtungen in der Weise ausgeführt worden, dass die Gefässe mit den Pflanzen abwechselnd vor ein verdunkeltes und ein nicht verdunkeltes Fenster des grossen Zimmers gestellt wurden. Die

---

1) Vgl. Baranetzky, Botan. Zeitung. 1872. S. 97.

2) Diese Erscheinung steht gewiss mit der von Mohl gemachten Beobachtung im Zusammenhange, dass die Spaltöffnungen der Pflanzen sich unter dem Einflusse des Lichts öffnen, bei erfolgender Verdunkelung der Gewächse aber schliessen.

Zahlen in den Tabellen zeigen deutlich, dass das Licht die Transpiration beschleunigt, und ich muss deshalb die Richtigkeit der Angaben Eder's[1]) bestreiten, nach denen dem Licht eine derartige Wirkung niemals zukommen soll. Eder's Arbeit über die Transpiration ist mit grosser Sorgfalt ausgeführt worden; indessen gerade die hier in Frage kommenden Verhältnisse hat der Experimentator nicht eingehend genug studirt, und seine Zahlenangaben gestatten die angeführte Schlussfolgerung nicht.

Kehren wir nach diesen Abschweifungen wieder zur Aufsuchung der eigentlichen Grundursachen der Periodicität des Saftausflusses zurück, so ist zunächst zu betonen, dass also in Folge des eigenthümlichen Wechsels der Temperatur- und Lichtverhältnisse die Pflanzenzellen im Laufe von 24 Stunden verschiedene Zustände annehmen werden. Am Tage ist der Wassergehalt der Pflanzen im Allgemeinen geringer als während der Nacht, und dies muss von Einfluss auf die Vorgänge des Wachsthums, und somit auf diejenigen der Gewebespannung und des Saftausflusses sein. In der That stehen die Resultate der Beobachtungen, welche auf den Tabellen XIX sowie XXI—XXV mitgetheilt sind, mit den hier geltend gemachten Anschauungen durchaus im Einklang. Die Pflanzen, an denen die auf den Tabellen XXI—XXV verzeichneten Resultate erhalten wurden, entwickelten sich nämlich in einem Raume, in welchem die Luft stets ausserordentlich reich an Wasserdampf war. Was liegt näher, als anzunehmen, dass der Wassergehalt der Pflanzenzellen im Verlaufe von 24 Stunden kaum eine Veränderung erlitt, und dass in Folge dessen keine normale Periodicität des Wachsthums, der Gewebespannung und des Saftausflusses zu Stande kommen konnte[2]). Ich habe Exemplare von *Cucurbita Melopepo* zwei Monate lang in nicht luftdicht verschlossenen Glasgefässen cultivirt, an deren Boden sich stets Wasser befand, so dass die oberirdischen Organe fortdauernd von einer sehr wasserdampfreichen Atmosphäre umgeben waren. Die Untersuchungsobjecte liessen zwar bei der Beobachtung keine Periodicität des Saftausflusses erkennen, indessen die Intensität des Saftausflusses nahm so schnell ab (sie sank z. B. in einem Falle in etwa 24 Stunden von 11.3 auf 1.8 Mm. pro Stunde), dass die Untersuchungen mir keinen grossen Werth zu besitzen scheinen.

---

1) Vgl. Eder, Separatabdruck aus dem 72. Bande d. Sitzungsber. d. k. Akadem. d. Wissensch. zu Wien. 1875. S. 130.

2) Das Exemplar von *Alloplectus* zeigte, wie jetzt bemerkt werden kann, vielleicht deshalb keine Periodicität des Saftausflusses, weil es sich ebenfalls im Warmhause entwickelt hatte.

Die auf Tabelle XIX mitgetheilten Zahlen wurden an einer Pflanze gewonnen, die sich allerdings in Warmhause, aber in unmittelbarer Nähe der Thür desselben entwickelte. Dieser Umstand, und ferner der weitere, dass während der Vegetationszeit der Pflanze im Warmhause gerade aufgeräumt wurde, womit ein häufiges Öffnen und Schliessen der Thür verbunden war, führten dahin, dass sich der Wasserdampfgehalt der Luft, welche die oberirdischen Organe der Pflanze umgab, häufig änderte, und dies Moment kann die letzte Ursache des Auftretens der Periodicität des Saftausflusses gewesen sein. Endlich ist noch darauf hinzuweisen, dass die Pflanzen von *Cucurbita Melopepo*, an denen die auf den Tabellen XVI—XVIII mitgetheilten Ergebnisse erhalten wurden, sich in einem Raum entwickelt hatten, in welchem, wie dies die Zahlen der Tabelle XXXI bespielsweise zeigen, in der That der Feuchtigkeitsgehalt der Luft innerhalb 24 Stunden bedeutenden Schwankungen unterlag, und dass die untersuchten Exemplare von *Prunus* und *Helianthus*, bevor sie den Beobachtungen unterzogen wurden, im Freien vegetirt hatten.

Wenn ich nun auch die Überzeugung hege, dass durch den Wechsel der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse der Atmosphäre, sowie durch den Einfluss des Lichts auf die Transpiration die Periodicität des Wachsthums, der Gewebespannung und des Saftausflusses hervorgerufen werden kann, so würde es doch einseitig sein, jene Momente als ausschliessliche Ursachen der in Rede stehenden Erscheinungen aufzufassen. Vielmehr ist es wohl gewiss, dass das Licht, abgesehen von seinem bereits erwähnten Einflusse auf das Wachsthum, eine ganz unmittelbare Wirkung auf diesen Vorgang ausübt.

Es ist nämlich zu bemerken, dass Internodien unter Wasser, wenn sie vom Licht getroffen werden, heliotropische Krümmungen zeigen[1]). Ferner hat Kraus in seiner bereits mehrfach citirten Abhandlung nachgewiesen, dass die Periodicität der Gewebespannung an solchen Pflanzentheilen, die man unter Wasser bringt und dem Wechsel von Tag und Nacht aussetzt, nicht verschwindet, während sie sich sehr schnell verliert, wenn man Pflanzen mit undurchsichtigen Recipienten überdeckt. Diese Thatsachen sprechen entschieden dafür, dass das Licht einen ganz unmittelbaren Einfluss auf das Wachsthum und die damit im Zusammenhange stehenden

---

1) Vgl. Sachs, Lehrbuch d. Botanik. 1874. S. 806.

Vorgänge ausübt[1]). Welcher Art aber die Wirkung des Lichts sein mag, darüber ist wenig zu sagen. Nur so viel sei bemerkt, dass das Licht vielleicht selbst auf das Wachsthum solcher Gewebepartien der Pflanzen einen Einfluss ausüben kann, zu denen es keinen directen Zutritt hat. Wir können uns z. B. denken, dass das Licht deshalb retardirend auf das Dickenwachsthum des Holzkörpers eines mit dickem Periderm oder Borke versehenen Stammes einwirkt, weil die leuchtenden Strahlen die Entstehung solcher Körper in den Blättern verhindert, die für die Translocation des Amylums von Wichtigkeit sind, und ohne deren Gegenwart dem Stamme nicht genügende Quantitäten solcher Stoffe, ohne deren Gegenwart das Wachsthum unmöglich ist, zugeführt werden können.

Schliesslich sei es noch gestattet, hier auf ein sehr merkwürdiges Verhältniss hinzuweisen, welches sich bei dem Studium der Periodicität des Saftausflusses beobachten lässt. Wir haben gesehen, dass in den Pflanzen, wenn dieselben gewissen äusseren Verhältnissen ausgesetzt werden, die Bedingungen zum Zustandekommen der Periodicität des Saftausflusses hervortreten. Diese Periodicität verschwindet nun aber nicht, wenn die äusseren Einflüsse, welche sie erzeugten, nicht mehr auf die Pflanzen einwirken. Diese Erscheinung ist von so grossem Interesse, weil wir es in derselben, so meine ich, mit einer eigenthümlichen Form der Vererbung zu thun haben. Der Wechsel der äusseren auf die Pflanzen einwirkenden Verhältnisse bedingt einen Wechsel im Zustande der Pflanzenzellen. Dieser Zustandswechsel der Zellen wird nun im Organismus fixirt und tritt selbst dann noch hervor, wenn die Momente, welche ihn ursprünglich hervorriefen, sich nicht mehr auf die Pflanze geltend machen.

Möge es weiteren Forschungen bald gelingen, die in der vorliegenden Abhandlung besprochenen wunderbaren und geheimnissvollen Naturerscheinungen vollkommen zu ergründen.

Jena, den 4. December 1876.

1) Zumal wird es unter Berücksichtigung dieses Gesichtspunkts begreiflich, weshalb selbst ältere etiolirte Pflanzen keine Periodicität des Saftausflusses zeigen. Möglich erscheint es aber auch, dass dies bei dem im Dunkeln erwachsenen Pflanzen deshalb nicht der Fall ist, weil sich die Querspannung im Finstern gar nicht oder nicht in hinreichender Weise ausbilden kann, um die Periodicität des Saftausflusses hervorzurufen.

Tabellen.

Tabelle I.

Aufnahme des Wassers durch Blätter.

Bezeichnung des Blattes.	Gewicht des lufttrocknen Blattes vor dem Versuch. Grm.	Gewicht des lufttrocknen Blattes nach dem Versuch. Grm.	Differenz.	Berührungszeit des Blattes mit dem Wasser. Stunden.	Temperatur des Wassers. ° C.
Cucurbita Melopepo	2.817	2.899	+ 0.082	4	21.0
Do.	1.552	1.559	+ 0.007	3	21.0
Helianthus tuberosus	1.975	2.123	+ 0.148	3	20.0
Do.	1.205	1.260	+ 0.055	3	19.0
Prunus Laurocerasus	1.737	1.749	+ 0.012	3	20.0
Do.	1.115	1.112	÷ 0.003	4	17.0
Do.	1.341	1.345	+ 0.004	24	17.0
Quercus sessiliflora	0.440	0.437	÷ 0.003	10	22.0
Do.	0.742	0.762	+ 0.020	24	20.0
Do.	0.820	0.861	+ 0.041	24	17.0
Azaleca pontica	0.528	0.525	÷ 0.003	20	22.0
Aristolochia Sipho	0.872	0.895	+ 0.023	24	22.0
Clerodendron splendens	0.650	0.648	÷ 0.002	4	17.0
Hordeum vulgare	0.595	0.710	+ 0.115	24	22.0
Oryza sativa	0.185	0.189	+ 0.004	10	22.0
Catalpa Kämpferi	1.635	1.760	+ 0.125	24	21.0
Centaurea lappacea	1.271	1.421	+ 0.050	24	21.0
Quercus sessiliflora	0.6245	0.645	+ 0.0205	24	20.0

Tabelle II.

Beobachtungen an der künstlichen Zelle.

Tag.	Stunde.	Temp. in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.	Bemerkungen.
21. Febr.	10½ a. m.	19.1	0		
	11½ „	20.0	17	17.0	
	12½ p. m.	20.0	33	16.0	
	2 „	20.3	45	8.0	
	4 „	20.5	0		1)
	5 „	20.5	8	8.0	
	6 „	20.5	15	7.0	
	8 „	19.0	26	5.5	2)
	8½ „	24.0	32	12.0	
	9 „	22.0	36	8.0	
	9½ „	22.0	40	8.0	
	12 „	19.0	50	4.0	
22. „	10 a. m.	19.0	70	2.0	
	11 „	20.0	72	2.0	3)
	11½ „	30.0	77	10.0	
	12 m.	28.0	79	4.0	

1) Flüssigkeit bis zur Marke entfernt.
2) Temperatur des Wassers auf 26.0° C. gebracht.
3) Temperatur des Wassers auf 35.0° C. gebracht.

Tabelle III.

Beobachtungen an der künstlichen Zelle.

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.	Bemerkungen.
26. Febr.	9.40 M. a. m.	18.0	0		
	10.40 „ „	18.0	17	17	
	11.10 „ „	18.2	25	16	1)
	12.10 „ p. m.	19.7	33	8	2)
	1.10 „ „	19.0	45	12	3)
	2.40 „ „	20.0	69	16	4)
	3.10 „ „	20.0	73	8	5)
	3.40 „ „	20.0	78	10	
	4 „	19.8	0		6)
	4.30 „ „	19.0	5	10	7)
	5 „	21.0	11	12	8)
	5.30 „ „	26.0	26	30	

Tabelle IV.

Saftausfluss aus dem Bohrloch der Birke A und Concentration des Saftes.

Tag.	Ausgeflossene Saftmenge in Cc.	Gehalt von 50 Cc. Saft an Trockensubstanz in Grm.	Witterungsverhältnisse.
7. April	Angebohrt.		Klarer Himmel.
8. „	140	0.234	Klarer Himmel.
9. „	123	0.169	Klarer Himmel.
10.[9]) „	Wenige Tropfen.		Schwach bewölkt. Himmel.
13. „	—		„ „ „ [10])
14. „	137	0.110	Klarer Himmel.
15. „	—		Bewölkter Himmel.
17. „	—		Wenig Regen am Tage. Gegen Abend heftiges Gewitter und starker Regen.
18. „	18	0.079 [11])	Bewölkter Himmel.
19. „	Wenige Tropfen.		Ziemlich klarer Himmel.
20. „	—		
22. „	—		Starker Regen.
23. „	18	0.056 [12])	

1) Wasser durch Salzlösung von 20 Proc. Kochsalzgehalt und 19.0° C. ersetzt.
2) Salzlösung durch Wasser von 18,7° C. ersetzt.
3) Temperatur des Wassers auf 22.0° C. gebracht.
4) Wasser durch Salzlösung von 20 Proc. Kochsalzgehalt und 20.0° C. ersetzt.
5) Salzlösung durch Wasser von 20.0° C. ersetzt.
6) Flüssigkeit bis zur Marke abgenommen.
7) Temperatur des Wassers auf 23.5°C. gebracht.
8) Temperatur des Wassers auf 32.0° C. gebracht.
9) Am Nachmittig des 12. April wurde der Boden, der Birke A unmittelbar umgab, stark begossen.
10) In der Nacht vom 13. auf den 14. April sank das Quecksilber im Thermometer bis auf — 5° C. Am Morgen des 14. April um 9 Uhr lag noch Reif auf den im Schatten stehenden Pflanzen.
11) Die 18 Cc. Birkensaft enthielten 0.0283 Grm. Trockensubstanz.
12) Die 18 Cc. Birkensaft enthielten 0.0200 Grm. Trockensubstanz.

Tabelle V.

Lufttemperaturen in ° C. während der Beobachtungen an Birke A und B.

Tag.	Stunde. 7 a. m.	10 a. m.	2 p. m.	6 p. m.
7. April	—	—	—	18.0
8. „	12.0	19.0	20.0	19.0
9. „	12.0	20.0	22.5	19.0
10. „	11.0	18.0	20.5	19.0
11. „	15.0	16.5	16.0	19.0
12. „	11.5	12.0	13.5	13.0
13. „	10.5	11.0	10.5	8.0
14. „	6.0	12.3	16.0	10.5
15. „	3.3	8.5	9.0	9.0
16. „	6.0	8.0	9.0	9.0
17. „	6.0	13.0	16.5	10.0
18. „	7.5	15.3	17.3	16.0
19. „	10.3	—	—	—

Tabelle VI.

Einfluss der Temperatur auf den Saftausfluss bei *Begonia incarnata.*

Höhe des Stammstücks über der Erde = 30.0 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 45.0 „
Durchmesser des Stammes = 7.5 „
Durchmesser des Glasrohres = 4.0 „

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
13. Mai.	10 a. m.			
14. „	2½ p. m.	16.0	38	1.2
	3 „			
	5½ „	26.5	6	2.4
	6 „			
	11 „	30.0	5	1.0
	11½ „			
15. „	9 a. m.	32.0	—	

Tabelle VII.

Einfluss der Temperatur auf den Saftausfluss bei *Begonia incarnata.*

Höhe des Stammstücks über der Erde = 20 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 40 „
Durchmesser des Stammes = 5 „
Durchmesser des Glasrohres = 4 „

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
24. Mai.	9 a. m.			
	10½ „	15.0	1.5	1.0
	11 „			
	12½ p. m.	19.3	2.0	1.4
	1 „			
	2½ „	25.0	3.0	2.0
	3 „			
	8 „	30.0	5.0	1.0
25. „	8 a. m.	31.7	—	

Tabelle VIII.

Einfluss der Temperatur auf den Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo.* (Gesäet am 8. Mai.)

Höhe des Stammstücks über der Erde = 30 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 32 „
Durchmesser des Stammes = 7 „
Durchmesser des Glasrohres = 6 „

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
14. Juni	9½ a. m.			
	10½ „	21.0	18	18.0
	11			
	12 m.	23.0	23	23.0
	12¾ p. m.			
	2¼ „	26.0	38	25.4
	3 „			
	4 „	33.0	20	20.0
	5½ „			
	6½ „	40.0	9	9
	7 „			
	8 „	43.0	—	

Tabelle IX.

Einfluss der Temperatur auf den Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo.* (Gesäet am 30. Mai.)

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
27. Juli	2½ a. m.			
	3 „	25	10.0	20
	3½ „	25	10.0	20
	4 „	25	10.0	20
	4½ „			
	5 „	38	2.5	5
	5½ „			
	6 „	43	—	

Tabelle X.

Einfluss der Temperatur auf den Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo.* (Gesäet am 8. Mai.)

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Ausflusshöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
21. Juli	3 p. m.			
	3½ „	19.0	6.5	13.0
	4 „	19.0	6.5	13.0
	4½ „			
	5 „	25.5	8.0	16.0
	5½ „			
	6 „	33.0	2.5	5.0
	6½ „			
	7 „	38.0	1.0	2.0
	7½ „			
	8 „	43.2	—	

Tabelle XI.

Einfluss der Temperatur auf den Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo*. (Gesäet am 8. Mai.)

Tag.	Stunde.	Temperatur in ^{0} C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
24. Juni	9 a. m.			
	10 „	17.0	12.0	12.0
	10½ „			
	11½ „	13.0	8.5	8.5
	1 p. m.			
	2 „	11.0	4.0	4.0
	2½ „			
	3½ „	9.5	—	

Tabelle XII.

Beobachtungen an *Begonia incarnata* über den Saftausfluss, der sich zeigt, wenn die Pflanzen vor Beginn des Versuchs schwächer oder stärker transpirirt haben.

Höhe des Stammstücks über der Erde bei a und b = 30 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke bei a und b = 45 „
Durchmesser des Stammes bei a = 5, bei b = 7.5 Mm.
Durchmesser des Glasrohres bei a und b = 4 Mm.
Temperatur während der Beobachtungen = 15—16° C.
— = eingesogen, + = ausgeflossen.

Tag.	Stunde.	Beobachtete Ausflusshöhe in Mm. bei a	b
10. Mai	2½ p. m.		
	4½ „		— 3.0
	5½ „		— 2.0
	7 „	+ 4.5	— 1.5
	11 „	4.0	— 4.0
11. „	10 a. m.	12.0	+ 10.0
	2 p. m.	4.0	9.0
	6 „	4.5	13.0
	12 „	7.0	18.0
12. „	9 a. m.	9.0	28.0
	3 p. m.	6.0	17.0
	6 „	3.5	8.0
13. „	10 a. m.	12.0	32.0
14. „	2½ p. m.	—	38.0

Tabelle XIII.

Untersuchungen über den Saftausfluss bei *Ardisia crenulata* (Holzpflanze).

Höhe des Stammstücks über der Erde = 50 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 40 „
Durchmesser des Stammes = 7 „
Durchmesser des Glasrohres = 4 „

Tag.	Stunde.	Temperatur in ^{0} C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
29. April	11½ a. m.	20.0		
	1 p. m.	„	Auf 30 Mm. über d. Marke eingestellt.	
	2½ „	„	25.0	— 3.4
	4½ „	„	25.0	0.0

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
29. April	6 p. m.	20.0	30 (auf d. Marke eingestellt).	+ 3.4
	8 „	„	5.0	2.5
	12 „	„	10.0	2.5
30. „	8½ a. m.	„	37.0	4.4
	10½ „	„	12.5	6.3
	12½ p. m.	„	15.9	8.0
	2½ „	„	16.0	8.0
	4½ „	„	16.0	8.0
	6½ „	„	16.0	8.0
	10½ „	„	32.0	8.0
1. Mai	12½ a. m.	„	15.0	7.5
	5½ „	„	30.0	6.0
	9 „	„	22.0	6.2
	10½ „	„	9.0	6.0
	12 m.	„	12.0	8.0
2. „	3½ p. m.	„	27.0	7.8
	6½ „	„	22.0	7.3
	11 „	„	29.0	6.4
	8 a. m.	„	57.0	6.3
	11 „	„	18.0	6.0
	2 p. m.	„	18.0	6.0
	3½ „	„	10.0	6.6
	6½ „	„	15.0	5.0
	12 „	„	26.0	4.8
3.[1] „	8 a. m.	„	33.0	4.1
5. „	8½ „	25.0		
	10½ „	„	17.5	8.8
	12 m.	„	14.0	9.4
	2 p. m.	„	23.0	11.5
	3½ „	„	18.0	12.0
	6½ „	„	29.0	9.7
	10½ „	„	33.0	8.3
6. „	7½ a. m.	„	47.4	5.3
	9½ „	„	11.0	5.5
	12 m.	„	15.0	6.0
	2 p. m.	„	13.0	6.5
	3½ „	„	9.0	6.0
	7 „	„	19.0	5.4
	9 „	„	9.0	4.5

Tabelle XIV.

Untersuchungen über den Saftausfluss bei *Prunus Laurocerasus* (Holzpflanze).

Höhe des Stammstücks über der Erde = 35 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 40 „
Durchmesser des Stammes = 13 „
Durchmesser des Glasrohres = 6 „ [2])

1) Vom 3. bis zum 5. Mai blieb die Pflanze unbeobachtet.

2) Über den Stammstumpf wurde zunächst ein weiteres Kautschukrohr gezogen, um darin das engere, welches mit dem Steigröhre in Verbindung stand, zu befestigen.

Tag.	Stunde.	Temperatur in ⁰ C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
15. Juni	9 [1]) a. m.	29.0		
	11 „	„	20.0	10.0
	1 p. m.	„	21.0	11.5
	3 „	„	21.0	11.5
	5 „	„	21.0	11.5
	7 „	„	21.0	11.5
	10 „	„	32.0	10.7
16. „	1 a. m.	„	32.0	10.7
	6 „	„	44.0	8.8
	9 „	„	25.0	8.0
	12 m.	„	24.0	8.0
	3 p. m.	„	24.0	8.0
	5½ „	„	23.0	8.4
	7 „	„	12.5	
17. „	10 a. m.	„		
	1 p. m.	„	21.5	7.2
	4 „	„	26.0	8.7
	6½ „	„	24.0	9.6
18. „	2 a. m.	„	56.0	7.4
	9½ „	„	35.0	4.6
	12½ p. m.	„	19.0	6.3
	3½ „	„	22.0	7.3
	6 „	„	18.0	7.6
	7¾ „	„	12.0	6.8
19. „	12¼ a. m.	„	26.0	5.8
	9¼ „	„	34.0	3.8
	12¼ p. m.	„	13.0	4.3
	2½ „	„	12.0	5.2
	5½ „	„	16.5	5.5
	8½ „	„	18.0	6.0
	11½ „	„	14.0	4.7
20. „	8½ a. m.	„	26.0	2.9

Tabelle XV.

Untersuchungen über den Saftausfluss bei *Helianthus tuberosus*.
(Die Knolle ist am 30. April ausgelegt worden.)

Höhe des Stammstücks über der Erde = 40 Mm.
Höhe der Wassersäule = 22 „
Durchmesser des Stammes = 7 „
Durchmesser des Glasrohres = 4.5 „

Tag.	Stunde.	Temperatur in ⁰ C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
28. Juni	7½ a. m.	18.0		
	11 „	„	34.0	9.8
	2 p. m.	„	34.5	11.5
	5 „	„	34.0	11.3
	8 „	„	27.5	9.2
	11 „	„	22.0	7.3
	9 a. m.	„	74.0	7.4
29. „	12 m.	„	33.0	11.0
	2½ p. m.	„	31.0	12.4
	5 „	„	28.0	11.2
	8 „	„	27.0	9.0

1) Die Pflanze wurde bereits am 13. Juni abgeschnitten. Sie sog zunächst aber viel Wasser ein.

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
29. Juni	11 p. m.	18.0	21.0	7.0
30. „	8 a. m.	24.0		
	11 „	„	20.0	6.7
	2 p. m.	„	27.5	9.2
	5 „	„	33.0	11.0
	7 „	„	21.0	10.5
	11½ „	„	44.0	9.8
1. Juli	8 a. m.	„	61.0	7.2
	11 „	„	23.5	7.8
	2 p. m.	„	27.0	9.0
	4½ „	„	22.0	8.8
	7 „	„	22.0	8.8
	11½ „	„	32.0	7.2
2. „	9 a. m.	„	51.0	5.4
	12 m.	„	18.0	6.0
	3 p. m.	„	23.0	7.7
	6½ „	„	26.0	7.4
3. „	9 a. m.	17.0		
	12 m.	„	8 0	2.7
	3 p. m.	„	10.0	3.3
	6 „	„	14.0	4.7
	11½ „	„	19.0	3.4

Tabelle XVI.

Beobachtungen über den Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo.*
(Gesäet am 12. Juni.)

Höhe des Stammstücks über der Erde = 50 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 50 „
Durchmesser des Stammes = 5 „
Durchmesser des Glasrohres = 4 „

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
11. Juli	9 a. m.	23.5		
	12 m.	„	13.0	4.3
	3 p. m.	„	13.0	4.3
	5 „	„	9.0	4.5
	8 „	„	12.0	4.0
	11 „	„	11.0	3.7
12. „	9 a. m.	„	32.0	3.2
	11 „	„	8.0	4.0
	1 p. m.	„	9.0	4.5
	3 „	„	10.0	5.0
	5 „	„	9.0	4.5
	7½ „	„	10.0	4.0
	11 „	„	11.5	3.2
13. „	6 a. m.	„	20.0	2.9
	9 „	„	9.0	3.0
	12 m.	„	11.0	3.7
	3 p. m.	„	12.0	4.0
	7 „	„	13.0	3.3
	11 „	„	11.0	2.8
14. „	8½ a. m.	„	23.0	2.4
	12 m.	„	10.0	2.8

Tabelle XVII.

Beobachtungen über den Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo.*
(Gesäet am 12. Juni.)

Höhe des Stammstücks über der Erde = 30 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 35 „
Durchmesser des Stammes = 7 „
Durchmesser des Glasrohres = 4 „

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
2. Aug.	9 a. m.	24.0		
	11 „	„	23.0	11.5
	1 p. m.	„	26.0	13.0
	3 „	„	28.5	14.3
	5 „	„	26.0	13.0
	8 „	„	34.0	11.3
	11 „	„	30.0	10.0
3. „	8 a. m.	„	67.0	7.4
	10 „	„	17.0	8.5
	12 m.	„	21.0	10.5
	3 p. m.	„	34.0	11.3
	5 „	„	22.5	11.3
	8 „	„	30.0	10.0
	11 „	„	27.0	9.0
4. „	6½ a. m.	„	63.0	8.4
	9 „	„	23.0	9.2
	12. m.	„	37.0	12.3
	3 p. m.	„	38.0	12.7
	7 „	„	46.0	11.5
	11 „	„	39.0	9.8
5. „	7½ a. m.	„	72.0	8.4
	10 „	„	27.0	10.8
	12½ p. m.	„	35.0	14.0
	3 „	„	32.0	12.8
	5½ „	„	31.0	12.4
	7½ „	„	22.0	11.0
6. „	8½ a. m.	„	115.0	9.0
	11½ „	„	32.0	10.7
	2½ p. m.	„	37.0	12.3
	5 „	„	28.0	11.2
	7½ „	„	27.0	10.8
	10 „	„	25.0	10.0
7. „	6½ a. m.	„	66.0	7.8
	10½ „	„	37.0	9.3
	2½ p. m.	„	44.0	11.0
	6½ „	„	39.0	9.8
8. „	8 a. m. [1]	19.5		
	9 „	„	7.0	3.5
	10 „	„	7.0	3.5

Tabelle XVIII.

Beobachtungen über den Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo.*
(Gesäet am 12. Juni.)

Höhe des Stammstücks über der Erde = 32 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 55 „
Durchmesser des Stammes = 6 „
Durchmesser des Glasrohres = 4 „

1) Die Pflanze wurde um diese Zeit stark begossen.

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
3. Aug.	10 a. m.	20.5		
	12 m.	„	29.0	14 5
	3 p. m.	„	36.0	12.0
	5 „	„	24.0	12.0
	8 „	„	33.0	11.0
	11 „	„	32.0	10.7
	6½ a. m.	„	85.0	11.4
4. „	9 „	„	29.0	11.6
	12 m.	„	35.0	11.7
	3 p. m.	„	30.0	10.0
	7 „	„	37.0	9.3
	11 „	„	37.0	9.3
5. „	7½ a. m.	„	70.0	8.2
	10 „	„	20.0	8.0
	12½ p. m.	„	22.0	8.8
	3 „	„	18.0	7.2
	5½ „	„	18.0	7.2
	7½ „	„	14.0	7.0
6. „	8½ a. m.	„	90.0	6.9
	11½ „	„	22.0	7.3
	2½ p. m.	„	23.0	7.7
	5 „	„	17.0	6.8
	7½ „	„	16.0	6.4
	10 „	„	15.0	6.0

Tabelle XIX.

Beobachtungen über den Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo.* (Gesäet am 8. Mai [1]).

Höhe des Stammstücks über der Erde = 50 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 45 „
Durchmesser des Stammes = 9 „
Durchmesser des Glasrohres = 5 „

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
11. Juli	9 a. m.	23.0		
	12 m.	„	36.0	12.0
	3 p. m.	„	35.0	11.7
	5 „	„	22.0	11.0
	8 „	„	30.0	10.0
	11 „	„	27.0	9.0
12. „	9 a. m.	„	95.0	9.5
	11 „	„	21.0	10.5
	1 p. m.	„	18.0	9.0
	3 „	„	17.5	8.8
	5 „	„	16.0	8.0
	7½ „	„	20.0	8.0
	11 „	„	27.0	7.8
13. „	6 a. m.	„	62.0	8.9
	9 „	„	28.0	9.3
	12 m.	„	27.0	9.0
	3 p. m.	„	24.0	8.0
	7 „	„	28.0	7.0
	11 „	„	25.5	6.4
14. „	8½ a. m.	„	72.0	7.6

1) Die Pflanze hatte zwei Blüthen entwickelt.

Tabelle XX.

Beobachtungen über den Saftausfluss bei *Alloplectus speciosus* (Krautartige Pflanze).

Höhe des Stammstücks über der Erde = 80 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 36 „
Durchmesser des Stammes = 9 „
Durchmesser des Glasrohres = 6 „

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
19. April	7½ p. m.[1]			
20. „	7½ a. m.	12.0	65.0	5.4
	11½ „	„	16.0	4.0
	5½ p. m.	„	22.0	3.7
	6½ „	„	3.0	3.0
	8½ „	„	6.0	3.0
	11½ „	„	9.0	3.0
21. „	7½ a. m.	„	18.0	2.3
	9½ „	„	4.0	2.0
	11 „	„	3.0	2.0
	12½ p. m.	„	3.0	2.0
	2½ „	„	4.0	2.0
	5½ „	„	5.0	1.7
	7½ „	„	3.0	1.5
	8½ „	16.5	2.0	2.0
	10½ „	17.7	4.0	2.0
22. „	8½ a. m.	25.0	41.0	4.1
	10½ „	„	8.0	4.0
	12½ p. m.	„	7.5	3.8
	2½ „	„	7.5	3.8
	4½ „	„	7.5	3.8
	7½ „	„	11.5	3.8
	11½ „	„	15.0	3.8
23. „	7½ a. m.	„	24.0	3.0
	9½ „	„	6.0	3.0
	12½ p. m.	„	9.0	3.0
	11½ „	„	27.0	2 5
24. „	8½ a. m.	„	18.0	2.0
	8½ p. m.	„	16.5	1.4
25. „	9½ a. m.	„	16.0	1.2
	11½ „	27.0	2.5	1.3
	12½ p. m.	31.0	2.5	2.5
	2½ „	35.0	3.0	1.5
	5 „	36.0	2.0	0.8
	7 „	36.0	—	—

Tabelle XXI.

Beobachtungen über den Saftausfluss bei *Cucurbita Pepo* (Gesäet am 1. April).

Höhe des Stammstücks über der Erde = 35 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 40 „
Durchmesser des Stammes = 6 „
Durchmesser des Glasrohrs = 4 „

1) Die Pflanze hatte im Warmhause vegetirt; der Versuch begann unmittelbar nach dem Abschneiden des Stengels.

Tag.		Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
9.	Mai	11¾ a. m.	22.0		
		2 p. m.	„	20.0	8.8
		3½ „	„	13.5	8.8
		5½ „	„	16.0	8.0
		8 „	„	14.0	5.6
		10½ „	„	14.5	5.8
10.	„	8½ a. m.	„	48.7	4.9
		9½ „	„	4.5	4.5
		11 „	„	6.5	4.4
		1 p. m.	„	7.0	3.5
		3 „	„	7.0	3.5
		5½ „	„	7.0	2.8
11.	„	10 a. m.	27.0	—	—
		12 m.	„	8.0	4.0
		2 p. m.	„	7.0	3.5
		6 „	„	14.0	3.5
		12 „	„	18.0	3.0
12.	„	9 a. m.	„	20.0	2.2
		3 p. m.	29.0	14.0	2.3
		6 „	„	12.0	4.0
		7½ „	„	6.0	4.0

Tabelle XXII.

Beobachtungen über den Saftausfluss bei *Cucurbita Pepo.*
(Gesäet am 1. April)[1]).

Höhe des Stammstücks über der Erde	=	35 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke	=	45 „
Durchmesser des Stammes	=	6 „
Durchmesser des Glasrohrs	=	4 „

Tag.		Stunde.	Temperatur in ° C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
27.	Mai	8 a. m.	23.0		
		10 „	„	14.0	7.0
		12 m.	„	14.0	7.0
		2½ p. m.	„	14.0	5.6
		4 „	„	8.5	5.6
		7 „	„	16.0	5.3
		11 „	„	19.0	4.8
28.	„	7 a. m.	„	32.0	4.0
		9 „	„	8.0	4.0
		11 „	„	7.5	3.8
		1 p. m.	„	7.0	3.5
		3 „	„	6.5	3.3
		6 „	„	6.5	2.2
		12 „	„	9.0	1.5
29.	„	9 a. m.	„	8.0	0.9

Tabelle XXIII.

Beobachtungen über den Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo.*
(Gesäet am 15. Juli).

Höhe des Stammstücks über der Erde	=	40 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke	=	26 „
Durchmesser des Stammes	=	3 „
Durchmesser des Glasrohrs	=	3 „

1) Die Pflanze besass eine verblühte Blüthe und eine Blüthenknospe.

Tag.	Stunde.	Temperatur in ⁰ C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
9. Aug.	9½ a. m.	24.5		
	12½ p. m.	"	20.0	6.7
	2½ "	"	12.0	6.0
	4½ "	"	11.0	5.5
	7½ "	"	10.0	3.3
	10 "	"	8.0	3.2
10. "	7½ a. m.	"	24.0	2.6
	10½ "	"	6.0	2.0
	12½ p. m.	"	4.0	2.0
	2½ "	"	4.0	2.0
	5½ "	"	4.0	1.3

Tabelle XXIV.

Beobachtungen über den Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo.*
(Gesäet am 8. Mai.)

Höhe des Stammstücks über der Erde = 20 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 40 "
Durchmesser des Stammes = 6 "
Durchmesser des Glasrohrs = 4 "

Tag.	Stunde.	Temperatur in ⁰ C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
10. Juni	9 a. m.	20.0		
	10½ "	"	19.0	12.6
	12 m.	"	17.0	11.4
	2½ p. m.	"	23.0	9.2
	4 "	"	13.0	9.2
	6 "	"	17.0	8.5
	7½ "	"	12.0	8.0
	10½ "	"	17.0	5.7
11. "	8 a. m.	"	33.0	3.4
	10½ "	"	9.0	3.6
	12½ p. m.	"	7.0	3.5
	3 "	"	8.0	3.2
	5½ "	"	7.0	2.8

Tabelle XXV.

Beobachtungen über den Saftausfluss bei *Cucurbita Melopepo.*
(Gesäet am 8. Mai.)

Höhe des Stammstücks über der Erde = 21 Mm.
Höhe der Wassersäule bis zur Marke = 40 "
Durchmesser des Stammes = 8 "
Durchmesser des Glasrohrs = 4 "

Tag.	Stunde.	Temperatur in ⁰ C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
3. Juli	9 a. m.	24.5		
	11 "	"	45.0	22.5
	1 p. m.	"	45.0	22.5
	3 "	"	45.0	22.5
	5 "	"	45.0	22.5
	7 "	"	45.0	22.5
	11½ "	"	99.0	22.0
4. "	7½ a. m.	"	132.0	16.5
	10 "	"	33.0	13.2
	12½ p. m.	"	28.0	11.2

Tag.	Stunde.	Temperatur in ^{0} C.	Beobachtete Steighöhe in Mm.	Auf die Stunde berechnete Steighöhe in Mm.
4. Juli	2½ p. m.	24.5	19.0	9.5
	5½ „	„	24.0	8.0
	8 „	„	16.0	6.4
	11½ „	„	16.0	4.6
5. „	9 a. m.	„	23.0	2.4
	12 m.	„	6.0	2.0
	5 p. m.	„	8.0	1.6

Tabelle XXVI.

Beobachtungen über die Transpiration von *Cucurbita Melopepo.*

Tag.	Stunde.	Temperatur in ^{0} C. 1)		Gewicht des Gefässes und der Pflanze in Grm.	Verdunstete Wassermenge in Grm.	Bemerkungen.
8. Mai	2½ p. m.			919.28		Transpiration
	3 „	19.1	16.2	918.90	0.38	bei Verdunkelung
	3½ „	18.9	15.7	917.52	0.38	„ Beleuchtung
	4 „	19.1	16.2	916.30	0.22	„ Verdunkelung
	4½ „	18.9	15.7	914.93	0.37	„ Beleuchtung
	5 „	19.1	16.2	913.72	0.21	„ Verdunkelung
	5½ „	18.9	15.7	912.36	0.36	„ Beleuchtung

Tabelle XXVII.

Beobachtungen über die Transpiration von *Cucurbita Melopepo.*

Tag.	Stunde.	Temperatur in ^{0} C.		Gewicht des Gefässes und der Pflanze in Grm.	Verdunstete Wassermenge in Grm.	Bemerkungen.
20. Juni	4½ p. m.			968.20		Transpiration
	5 „	20.8	17.2	967.52	0.68	bei Verdunkelung
	5½ „	„	„	966.55	0.97	„ Beleuchtung
	6 „	„	„	965.85	0.70	„ Verdunkelung
	6½ „	„	17.4	964.90	0.95	„ Beleuchtung
	7 „	„	„	964.24	0.66	„ Verdunkelung
	7½ „	„	„	963.50	0.74	„ Beleuchtung

Tabelle XXVIII.

Beobachtungen über die Transpiration von *Cucurbita Melopepo.*

Tag.	Stunde.	Temperatur in ^{0} C.		Gewicht des Gefässes und der Pflanze in Grm.	Verdunstete Wassermenge in Grm.	Bemerkungen.
21. Juni	2½ p. m.			989.65		Transpiration
	3 „	20.9	17.8	988.75	0.90	bei Verdunkelung
	3½ „	„	„	987.72	1.03	„ Beleuchtung
	4 „	„	„	986.57	1.15	„ Verdunkelung
	4½ „	„	„	985.62	0.95	„ Beleuchtung
	5 „	„	„	984.85	0.77	„ Verdunkelung
	5½ „	„	„	983.97	0.88	„ Beleuchtung

---

1) Die Angaben beziehen sich einerseits auf die Temperaturen, welche das trockene, andererseits auf diejenigen, welche das feucht erhaltene Thermometer des Psychrometers anzeigte.

Tabelle XXIX.

Beobachtungen über die Transpiration von *Aesculus Hippocastanum.*

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.		Gewicht des Gefässes und des Zweiges in Grm.	Verdunstete Wassermenge in Grm.	Bemerkungen.
19. Juli	2½ p. m.	19.0	16.1	501.54		Transpiration
	3 "	"	"	501.29	0.25	bei Verdunkelung
	3½ "	"	"	501.00	0.29	" Beleuchtung
	4 "	"	"	500.75	0.25	" Verdunkelung
	4½ "	"	"	500.47	0.28	" Beleuchtung
	5 "	"	"	500.25	0.22	" Verdunkelung

Tabelle XXX.

Beobachtungen über die Transpiration von *Aesculus Hippocastanum.*

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.		Gewicht des Gefässes und des Zweiges in Grm.	Verdunstete Wassermenge in Grm.	Bemerkungen.
23. Juli	3 p. m.	19.5	16.5	485.45		Transpiration
	3¾ "	"	"	485.11	0.34	bei Verdunkelung
	4½ "	"	"	484.74	0.37	" Beleuchtung
	5¼ "	"	"	484.46	0.28	" Verdunkelung
	6 "	"	"	484.12	0.34	" Beleuchtung
	6¾ "	"	"	483 83	0.29	" Verdunkelung

Tabelle XXXI.

Beobachtungen über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

Tag.	Stunde.	Temperatur in ° C.		Differenzen.
4. August	7 p. m.	24.7	18.5	6.2
	11 "	18.5	15.5	3.0
5. "	7 a. m.	19.2	15.5	3.7
	10 "	25.0	19.0	6.0
	12½ p. m.	29.5	20.0	9.5
	3 "	30.2	21.5	8.7
	5 "	27.0	19.7	7.3
	7 "	22.2	19.9	2.3
6. "	12¼ a. m.	18.9	16.8	2.1
	9 "	19.7	16.7	3.0
	11½ "	22.0	17 0	5.0
	2¼ p. m.	23.0	17.2	5.8
	5 "	21.0	15.7	5.3
	7½ "	18.2	13.5	4.7
	10 "	15.5	12.7	2.8
7. "	6½ a. m.	12.5	10.3	2.2
	12 m.	25.2	18.5	6.7
	4 p. m.	26.0	18.5	7.5
	6½ "	22.0	16.3	5.7

Nachtrag.

Zu den im ersten Abschnitte dieser Abhandlung mitgetheilten Untersuchungen über das Vermögen der Blätter, tropfbar-flüssiges Wasser aufzunehmen, sei noch das Nachfolgende bemerkt:

Ich habe die mit glatter Epidermis versehenen und ganzrandigen Blätter von *Coffea arabica* mit äusserster Sorgfalt auf ihr Verhalten zum Wasser untersucht. Die gänzlich unverletzten Blätter wurden gleich nach dem Abschneiden von der Pflanze gewogen und mit Wasser von 17° C. in Berührung gebracht. Nach 24 Stunden wurden die Blätter sehr sorgfältig abgetrocknet und abermals gewogen. Die Beobachtungen lieferten die folgenden Resultate:

	Ursprüngliches Gewicht der Blätter in Grm.	Gewicht der Blätter nach Abschluss des Versuchs in Grm.	Von den Blättern aufgenommene Wassermenge in Grm.
1)	0.939	0.981	0.042
2)	0.651	0.674	0.023

Als ich Theilchen der Epidermis der abgetrockneten und gewogenen Blätter unter dem Mikroskope betrachtete, waren keine an der Oberhaut haftenden Wassertröpfchen zu entdecken. Brachte ich auf ein 0.8—0.9 Grm. wiegendes und frisch von der Pflanze abgeschnittenes Blatt von *Coffea arabica* 0.02—0.03 Grm. Wasser, so war es möglich, beide Flächen des Blattes in ihrer ganzen Ausdehnung mit dieser Flüssigkeitsquantität in einen durchaus feuchten Zustand zu versetzen.

Die hier zur Kenntniss gebrachten Resultate der Experimente beweisen unzweideutig, dass Blätter im Stande sind, Wasser, welches mit ihrer Oberfläche in tropfbar-flüssiger Form in Berührung kommt, aufzunehmen.

Druck von A. Neuenhahn in Jena

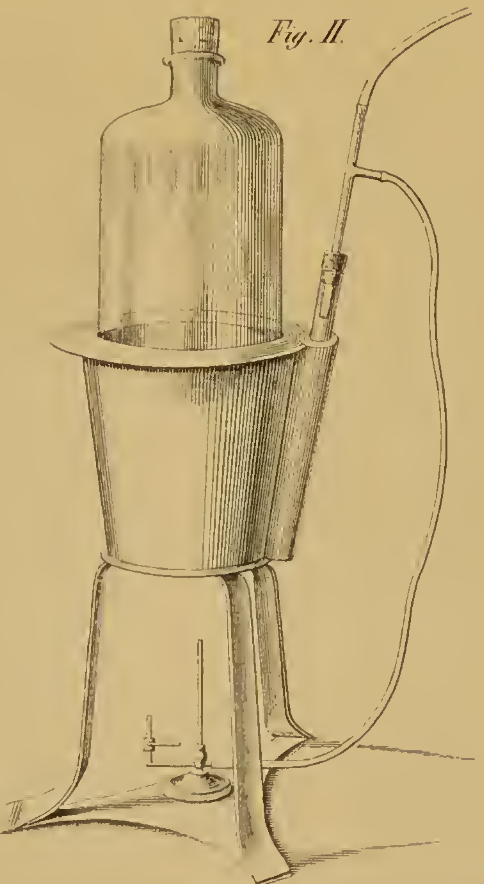


Fig. II.

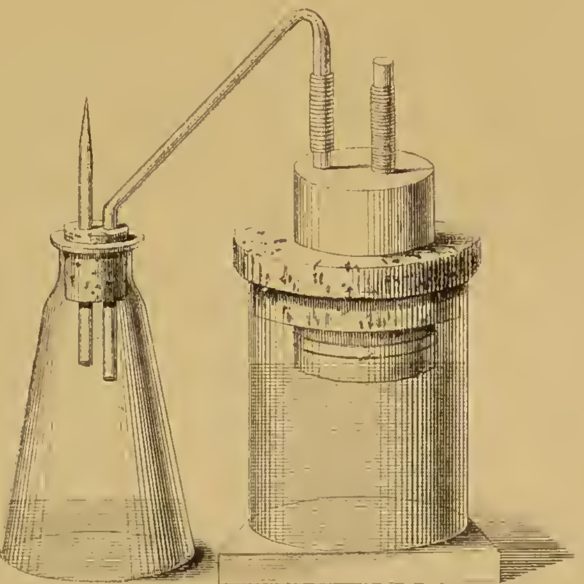


Fig. I.



Fig. III.